

SÉRIE A, N° 1653

N° D'ORDRE

854

THÈSES

PRÉSENTÉES A LA

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES NATURELLES

PAR

M^{lle} Y. BRIÈRE

PREMIÈRE THÈSE. — Les Eclogites françaises — Leur composition minéralogique et chimique ; leur origine.

DEUXIÈME THÈSE. — Propositions données par la Faculté :

Soutenues le 11 Dec 1920 devant la Commission d'Examen

MM. WALLERANT, *président*
MATRUCHOT }
PÉREZ } *examinateurs*

PARIS

M. GIARD & E. BRIERE

LIBRAIRES-ÉDITEURS

16, RUE SOUFFLOT ET 12, RUE TOULLIER

1920

SÉRIE A, N° 1653

N° D'ORDRE

854

THÈSES

PRÉSENTÉES A LA

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES NATURELLES

PAR

M^{lle} Y. BRIÈRE

PREMIÈRE THÈSE. — Les Eclogites françaises — Leur composition minéralogique et chimique ; leur origine.

DEUXIÈME THÈSE. — Propositions données par la Faculté :

Soutenues le *11 Feb 1920* devant la Commission d'Examen



MM. WALLERANT, *président*
MATRUCHOT
PÉREZ } *examinateurs*

PARIS

M. GIARD & E. BRIÈRE

LIBRAIRES-ÉDITEURS

16, RUE SOUFFLOT ET 12, RUE TOULLIER

1920

Faculté des Sciences de l'Université de Paris

MM.

<i>Doyen</i>	F. HOUSSAY, <i>Professeur</i> , Zoologie.
<i>Prof. honoraires.</i>	{ P. PUISEUX. VÉLAIN. BOUSSINESQ.
	LIPPMANN Physique.
	BOUTY Physique.
	E. PICARD Analyse supérieure et Algèbre supérieure.
	YVES DELAGE Zoologie, Anatomie, Physiologie comparée.
	GASTON BONNIER Botanique.
	KOENIGS Mécanique physique et expéri- mentale.
	GOURSAT Calcul différentiel et calcul inté- gral.
	HALLER Chimie organique.
	JOANNIS Chimie (Enseig. P. C. N.).
	JANET Physique id.
	WALLERANT Minéralogie.
	ANDOYER Astronomie.
	PAINLEVÉ Mécanique analytique et méca- nique céleste.
	HAUG Géologie.
	H. LE CHATELIER Chimie.
	GABRIEL BERTRAND Chimie biologique.
	M ^{me} P. CURIE Physique générale.
<i>Professeurs</i>	{ CAULLERY Zoologie (Évolution des êtres or- ganisés).
	C. CHABRIÉ Chimie appliquée.
	G. URBAIN Chimie.
	EMILE BOREL Physique mathématique et Calcul des probabilités.
	MARCHIS Aviation.
	JEAN PERRIN Chimie physique.
	G. PRUVOT Zoologie, anatomie, physiologie comparée.
	MATRUCHOT Botanique.
	ABRAHAM Physique.
	CARTAN Mécanique rationnelle.
	Cl. GUICHARD Géométrie supérieure.
	MOLLIARD Physiologie végétale.
	LEBESGUE Application de l'analyse à la géo- métrie.
	LAPICQUE Physiologie.
	GENTIL Géographie physique.
	VESSIOT Calcul différentiel et calcul inté- gral.
	COTTON Physique théorique et Physique céleste.
	N... Histologie.
	N... Mathématiques générales.
<i>Professeurs adjoints.</i>	{ LEDUC Physique.
	HÉROUARD Zoologie.
	Léon BERTRAND Géologie.
	Rémy PERRIER Zoologie (Enseignement P.C.N.).
	LESPIEAU Chimie.
	SAGNAC Physique Enseignement P.C.N.).
	PEREZ Zoologie (Évolution des êtres orga- nisés).
	RABAUD Biologie générale.
	PORTIER Physiologie.
	BLAISE Chimie organique.
	PECHARD Chimie (P. C. N.).
<i>Secrétaire</i>	D. TOMBECK.

A

MONSIEUR A. LACROIX

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PROFESSEUR AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE

INTRODUCTION

L'*éclogite* a été distinguée et pour la première fois définie par Haüy, qui l'a décrite (1) comme étant constituée essentiellement par du pyroxène et du grenat.

Depuis l'application du microscope à l'étude des roches, de nombreux travaux ont été publiés sur l'*éclogite*, ils ont été effectués pour la plupart à l'étranger et ont eu pour objet la description de gisements situés en dehors de France.

Cette belle roche n'est cependant pas absente de notre sol national. M. A. Lacroix a consacré un mémoire (2) à l'étude purement minéralogique de celle qui constitue de nombreux gisements en Bretagne. Sous sa direction, je me suis proposée d'étendre cette étude minéralogique à toute une série d'autres gisements français et de considérer en outre la question d'une façon plus générale, d'étudier les *éclogites*, non seulement au point de vue de leur composition minéralogique et de leur structure, mais encore à celui de leur composition chimique qui permet de discuter leur origine probable.

Un travail ayant le même but avait été entrepris au Muséum, il y a quelques années, par M. Marcel Bron-

(1) Haüy. *Traité de Minéralogie*, 2^e éd., Paris, 1822, t. IV, p. 548.

(2) A. Lacroix. Etude pétrographique des *éclogites* de la Loire-Inférieure. *Bull. Soc. sc. natur. Ouest*, t. I, 1891, p. 81-114, 2 pl..

gniart, mais celui-ci n'ayant pas donné suite à ce projet a bien voulu me remettre les documents qu'il avait réunis avant de renoncer à poursuivre l'étude de cette question.

Après avoir exposé mes recherches sur les écoligites et les transformations qu'elles ont subies, recherches qui constituent la partie principale de ce travail, je comparerai les résultats obtenus avec ceux qui ont été fournis par divers auteurs sur les écoligites de régions étrangères et je m'en servirai pour montrer quels sont les caractères généraux de ce groupe pétrographique.

J'ai commencé l'étude de pyroxénites et des amphibolites qui accompagnent constamment les écoligites dans tous leurs gisements et je m'attacherai à l'étude des relations souvent étroites que présentent entre elles ces roches.

Avant toutes choses, il est nécessaire de rappeler quelques travaux dans lesquels il a été question des écoligites des gisements français.

Dubuisson (1) connaissait certaines des écoligites de la Loire-Inférieure, mais il n'avait pas fait leur identification avec l'écoligite d'Haüy; il les a signalées sous les noms de *diorite (grünstein) grenatique*, de *diorite schistoïde*, de *eurite diallagique*, de *eurite grenatique*.

Par contre, on trouve citées par Cordier (2) sous le nom d'écoligites les roches des gisements des environs de Savenay et de Nantes.

Le mémoire de M. A. Lacroix, daté de 1891, est consacré à la description des écoligites de la Loire-Inférieure connues à cette époque; postérieurement M. Ch. Baret en a signalé un nouveau gisement remarquable

(1) *Catalogue de la collection Minéralogique du département de la Loire-Inférieure*, Nantes, 1830.

(2) P.-L. A. Cordier. *Description des roches composant l'écorce terrestre, rédigée par Ch. d'Orbigny*. Paris, 1868.

(la Compointrie) se trouvant au voisinage de ceux, déjà décrits, de Saint-Philbert de Grandlieu (1) et d'autre part il a donné dans sa Minéralogie de la Loire-Inférieure (2) quelques indications sur plusieurs des minéraux de la roche de ce gisement.

Un important gisement se rencontre dans la Vendée, à Saint-Denis-la-Chevasse, il n'a jamais été étudié, mais il a été figuré par M. Wallerant dans la légende de la feuille de la Roche-sur-Yon en 1892 et cité par M. A. Lacroix dans sa Minéralogie de la France (3).

C'est également dans la légende d'une feuille de la carte géologique, celle de Tulle, que M. Mouret a fait connaître (1895) l'éclogite dans la région d'Uzerche (Corrèze) (4).

En 1870, Ad. Boisse a désigné sous le nom d'éclogite tous les schistes cristallins amphiboliques grenatifères de la région d'Arvieu (5) (Aveyron) et plus tard M. Bergeron a décrit quelques-unes de ces roches sous le nom de *pyroxénites* (6). On verra plus loin que celles-ci sont de véritables éclogites.

Bien que se rapportant à un seul gisement, celui du lac Cornu dans le massif des Aiguilles Rouges, les travaux consacrés aux éclogites alpines sont plus nombreux. Découvertes en 1828 par M. Necker (7), elles affleurent entre le lac Cornu et le lac Noir, sur le flanc occidental de la chaîne des Aiguilles Rouges ; elles ont

(1) Ch. Baret. Eclogite à disthène de Saint-Philbert de Grandlieu. *Bull. Soc. sc. natur. Ouest*. Nantes, t. 10, 1900, p. 225-227.

(2) *Bull. Soc. sc. natur. Ouest*, t. 8, fasc. II, 30 juin 1898.

(3) T. I, 1893, p. 606.

(4) Voir aussi *Bull. Serv. Carte géol. France*, n° 72, t. XI, 1899-1900.

(5) *Esquisse géologique du département de l'Aveyron*, 1871, p. 254.

(6) *Etude géologique du massif ancien situé au Sud du Plateau Central*, p. 34.

(7) *Mémoires Soc. Physique Genève*, t. IV, 1828, p. 216.

été depuis lors étudiées par A. Favre (1). Leur première description microscopique a été faite par Michel Lévy (2); elle a été bientôt suivie de celle de MM. Duparc et Mrazec (3) et surtout de celle de M. E. Joukowsky (4) qui leur a consacré sa thèse.

En définitive, les seuls travaux minéralogiques effectués sur les écloğites françaises sont ceux qui concernent les écloğites de la Loire-Inférieure et des Alpes.

Les premiers matériaux que j'ai utilisés pour ce travail sont ceux qui ont été réunis et donnés au laboratoire de Minéralogie du Muséum par MM. Fouqué, A. Lacroix, Ch. Baret, M. Brongniart; je les ai complétés par ceux que j'ai recueillis moi-même. J'ai en effet parcouru personnellement l'île de Groix, puis, sous la direction de M. Louis Bureau, la Loire-Inférieure et la Vendée, et la région d'Uzerche sous celle de M. le docteur Puyaubert. M. Mouret a eu l'obligeance de me communiquer un grand nombre de plaques minces de roches recueillies par lui dans cette dernière région.

Je tiens à exprimer ici ma profonde reconnaissance à mon Maître, M. A. Lacroix, pour l'aide et les conseils qu'il m'a sans cesse prodigués pendant les années passées dans son laboratoire.

*
* *

C'est avec plaisir que j'adresse mes remerciements à

(1) *Recherches géologiques dans les parties de la Savoie... voisines du Mont-Blanc*, t. I, p. 100, t. II, p. 308, 319, 322, 326, 409, Genève, 1867.

(2) *Etude sur les roches cristallines et éruptives des environs du Mont-Blanc. Bull. de Service de la carte géologique de France*, n° 9, t. I, 1890, p. 7.

(3) *Mémoires Soc. Physique*, XXXIII. *Recherches géolog. et pétrograph. sur le massif du Mont-Blanc*.

(4) *Sur les écloğites des Aiguilles Rouges*. Genève, 1902, in-8.

tous ceux dont le concours m'a été précieux dans l'exécution de ce travail soit au Muséum, soit dans mes excursions sur le terrain, à MM. le Colonel Azéma, Bougier, Louis Bureau, Brongniart, Fallou, Gaubert, Mauguin, Mouret, Puyaubert.

J'exprime aussi toute ma gratitude à la Société française de Minéralogie qui a bien voulu accepter cette étude dans son Bulletin, et à M. Marotte qui a tenu, en mémoire de mon père, à m'offrir les planches qui accompagnent ce travail.

PREMIÈRE PARTIE

LES ECLOGITES

I. — DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE

1. *Distribution géographique*

Les éclogites ont été signalées jusqu'ici dans les régions françaises suivantes :

1° *La Bretagne méridionale au voisinage de la Loire et dans son prolongement au sud de ce fleuve, en Vendée;*

2° *Le Massif Central;*

3° *Le Massif du Mont-Blanc.*

Afin d'éviter les redites géographiques, je vais rapidement passer en revue la liste complète des gisements étudiés dans ce travail avec suffisamment de renseignements pour qu'ils puissent être repérés sur les cartes géologiques.

Loire-Inférieure et Vendée

Feuille de Saint-Nazaire. — Les gisements d'éclogites reconnus et tous indiqués sur la carte géologique sont les suivants, en commençant par l'extrémité N. W.

Une longue bande très étroite traversant la Vilaine au nord de Nivillac et s'étendant sur une longueur d'environ 9 kilomètres, puis deux bandes parallèles l'une au nord de Quilly, l'autre au sud passant par le pont de Quilly, et sur son prolongement, trois petites lentilles.

Plus au sud, mais toujours dans des directions parallèles se rencontrent les lentilles très allongées de la Basse Marion, la Bigotais, la Piosse, du bois de la Lande, du Rocher, de Campbon et ses environs, la Croletais, la Bouchardais, la Paviotais, puis Bouvron reliés les uns aux autres par des pointements d'éclogites jusqu'au gisement situé au nord de Fay, puis Parignac et, plus à l'ouest Héric.

Feuille d'Ancenis. — Les gisements d'éclogites y sont plus rares et marqués seulement à la Banque et la Galignière (en Saint-Mars du Désert), la Vinatière et le Cellier, ce dernier riverain de la Loire.

Ces lentilles ne font d'ailleurs que prolonger les bandes de la feuille précédente.

Au sud du fleuve les environs de Liré contiennent quelques éclogites.

Feuille de Nantes. — La carte géologique de Nantes n'étant pas encore publiée, l'énumération des points où se trouvent les éclogites a été établie à l'aide des renseignements dus à M. Louis Bureau et M. Marcel Brongniart et complétée par mes observations personnelles.

A mi-chemin de la route de Sainte-Lumine de Coutais, à Saint-Philbert de Grandlieu se trouve la Carrière de Chiron, puis plus près de Saint-Philbert, la Compointrie et le Piedpain, enfin plus au sud encore le Rocher.

Entre le Piedpain et Saint-Colombin (où à la Maronière, la carrière Cordeau est en exploitation) de nombreux blocs de très belles éclogites constituent des blocs épars dans les champs (1).

En descendant vers Saint-Etienne de Corcoué se rencontre la petite carrière de Praud.

Immédiatement au sud de Saint-Philbert de Bouaine

(1) La carrière du Moulin de Gilles près la Limouzinière, et la carrière du Puy-Garnier à Saint-Etienne de Corcoué, ne renferment point d'éclogites véritables, mais des amphibolites grenatifères et quartzifères.

se trouvent les deux gisements de la Gerbaudière sur la route de Saint-Etienne de Corcoué et de la Favrie sur la route de Rocheservière.

La bande d'éclogites et d'amphibolites qui, vers Saint-Colombin, est très large se rétrécit au passage de la route de Rocheservière à Viellevigne.

Feuille de Cholet. — Cette même bande s'épanouit de nouveau sur la feuille de Cholet vers la Chevrottière, où se trouvent les carrières du Moulin de la Ronde et de Chancelé.

Feuille de la Roche-sur-Yon. — Si l'on suit plus au sud cette bande et son prolongement qui passe par la Copchagnière, l'on ne trouve plus de véritables éclogites, mais des amphibolites d'origine vraisemblablement identique.

Puis parallèlement, mais au sud, on arrive aux belles éclogites de Saint-Denis la Chevasse, sur lesquelles ont été ouvertes des carrières.

CORRÈZE

Feuille de Tulle. — Dans la partie sud-ouest du Plateau Central, de nouveau les éclogites apparaissent.

Tous les gisements sont situés sur la feuille de Tulle, le plus au nord se trouve au Moulin de Benayes, il constitue une mince bande, en forme de croissant, et un petit affleurement au Puy Vert.

En atteignant le massif d'Uzerche, les éclogites s'observent en certains points au milieu des bandes d'amphibolites à Moussours à la Gaumondie près d'Uzerche, à la Graulière et au Puy Ferrières près de Seilhac, où la masse est de beaucoup la plus importante; puis près de Perpézac le Noir où elles forment deux minces bandes parallèles et un peu plus au sud le petit gisement de Vernijoux.

Au nord-est et un peu en dehors du massif d'Uzerche, se trouve le gisement de Boissinet près du Lonzac, il

affecte la forme d'un arc de cercle dont la convexité est tournée vers l'ouest ; l'extrémité supérieure est formée d'amphibolites et l'extrémité inférieure d'éclogites et d'amphibolites grenatifères.

AVEYRON

Feuille de Rodez. — Enfin, tout à fait au sud du Plateau Central, dans la partie orientale de la feuille de Rodez, les éclogites existent à Dournets, à quelques kilomètres au nord d'Arvieu.

PUY-DE-DÔME

Feuille de Brioude. — Aux environs d'Ardes sur Couze, à la côte de la Pinatelle, près du village du Pérérol, au Chuquet de la Fourche, gisement qui n'est pas marqué sur la carte géologique.

ALPES

Feuille de Vallorcine. — D'après MM. Duparc et Mrazec dans le massif du Mont-Blanc, l'éclogite forme un amas sous l'aiguille du Greppon, elle constitue l'arête rocheuse au-dessus des Pétoudes, et se trouve aussi au glacier du Trient ; ces deux derniers gisements sont situés en Suisse.

Feuille d'Annecy. — Des lentilles d'éclogites existent au sud et au nord du lac Cornu et à l'aiguille de la Floriaz (massif des Aiguilles Rouges).

Feuille d'Albertville. — Sur leur « prolongement orographique et tectonique », M. E. Ritter a rencontré au bord des petits lacs Tempête, des roches qu'il a considérées comme des éclogites, mais de la description qu'il en a donnée, il résulte qu'elles ne correspondent pas strictement à la définition des éclogites, telle qu'elle a été comprise dans ce travail ; ce doivent être des amphibolites grenatifères.

2. Conditions de gisement

a) *Situation géologique.* — Les éclogites constituent un terme des schistes cristallins ; elles sont incluses au milieu d'eux, mais elles ne sont pas localisées à un même niveau ou, pour parler d'une façon plus précise, dans les gisements qui vont être étudiés plus loin, elles ne se trouvent pas toujours au milieu des roches schisteuses de même cristallinité et cette constatation a un intérêt théorique sur lequel je reviendrai plus loin. Elles sont en effet observées au milieu des formations suivantes qui sont énumérées dans l'ordre de succession, admis dans les légendes de la carte géologique de France (1).

Gneiss granulitique : Tous les gisements d'éclogite de la *feuille de Saint-Nazaire*.

Feuille d'Ancenis. — Le Cellier, la Vinatière ;

Feuille de Tulle. — La Franchie, Vernijoux, la Graulhière, Puy Ferrières, Moussours.

Micaschistes à chloritoïde : *feuille de Lorient.* — Ile de Groix.

Micaschistes passant :

1) au gneiss granulitique : *feuille d'Annecy.* — Lac Cornu.

2) au gneiss : *feuille de Rodez.* — Arvieu ;

Feuille d'Ancenis. — La Galonnière en Saint-Mars du Désert ;

Feuille de Brioude. — Ardes.

Leptynite granulitisée : *feuille de Tulle.* — Moulin de Benayes, la Vergne.

(1) M. Mouret a déjà fait remarquer que pour la Corrèze les amphibolites schisteuses n'occupent pas des horizons géologiques déterminés et que leur position suivant la verticale est très variable d'un endroit à un autre.

Schistes granulitisés : Feuille de Tulle. — Boissinet près du Lonzac.

Schistes sériciteux : Feuille de Cholet. — Saint-André Treize Voies.

Phyllades x (sur les flancs dun anticlinal granulitique). — *Feuille de la Roche-sur-Yon.* — Saint-Denis la Chevasse, Vouvans.

b) Modalités des gisements. — Les éclogites ne forment que rarement des masses de quelque importance, l'une de ces dernières et la plus considérable par son étendue, est celle du Puy Ferrières (Corrèze) dont l'altitude maximum est de 513 mètres. L'affleurement indiqué sur la carte s'étend sur une longueur d'environ 7 kilom. 200, avec, comme plus grande largeur, 2 kilomètres ; il semble formé dans sa majeure partie par l'éclogite ou tout au moins par une amphibolite passant à l'éclogite ; au milieu de cet ensemble s'observent quelques pointements de gneiss et notamment de gneiss à scapolite.

Plus souvent les éclogites se trouvent à l'état de lits plus ou moins continus ou de lentilles, allongées au milieu des schistes cristallins. Ces lits ou ces lentilles dépassent rarement quelques mètres d'épaisseur et ont souvent moins. Ils sont parfois distribués en grand nombre suivant des directions parallèles, et souvent en outre disposés sur le prolongement les uns des autres, il est alors permis de se demander s'ils ne sont pas continus, hypothèse qu'il n'a pas été possible de vérifier.

Une des difficultés que l'on rencontre pour apprécier l'importance des gisements d'éclogite, est due à leur association *constante* à des *amphibolites* et au passage de ces deux roches l'une à l'autre. Il en est ainsi pour des bandes qui se prolongent à la Copechagnière en Vendée. La signification de l'association des éclogites et des amphibolites sera discutée plus loin.

L'intercalation des éclogites dans les schistes cristallins explique pourquoi elles présentent toujours l'orien-

tation moyenne des roches schisteuses de la région ; il est très facile de s'en apercevoir en regardant une carte géologique.

En Bretagne et en Vendée, et, de l'autre côté du détroit poitevin, dans la Haute-Vienne et la Corrèze, les traînées d'éclogites sont orientées Nord-Ouest-Sud-Est, c'est d'ailleurs la direction des grands plissements armoricains qu'elles jalonnent.

Une seule exception à cette direction a lieu de Campbon à Héric ; par suite d'un accident tectonique local, l'orientation de toutes les roches schisteuses de la région et aussi des éclogites est presque Ouest-Est avec un léger fléchissement vers le Sud, puis de Héric au Cellier, de nouveau tout est orienté NW.-SE.

Dans la région du Mont-Blanc les éclogites sont dirigées NE.-SW.

D'après M. Bureau les amphibolites et par conséquent les éclogites de Bretagne et de Vendée se trouvent dans des synclinaux.

c) Aspect des affleurements. — Grâce à leur composition minéralogique et chimique et aussi à leur texture (absence de schistosité) et à leur compacité, les éclogites résistent mieux aux agents atmosphériques que les roches encaissantes, aussi quand leurs affleurements ont des dimensions notables forment-elles des buttes arrondies dont le relief s'accuse bien dans les pays plats comme la Bretagne et la Vendée. L'une des plus caractéristiques est celle du hameau de Piedpain en Saint-Philbert de Grandlieu, dans laquelle est ouverte une carrière.

Lorsque l'érosion est poussée plus loin, les micaschistes, les gneiss et même les amphibolites, quand elles sont schisteuses, disparaissent plus ou moins complètement et alors l'éclogite, simplement morcelée, est mise en liberté sous forme de gros blocs arrondis qui gisent épars à la surface du sol ou dans les terres labourées. Ce mode de gisement presque en place se rencontre à

fortiori dans le cas de la dégradation des lits minces.

Dans les régions à peine ondulées et basses de la Loire-Inférieure et de la Vendée, où les roches suffisamment résistantes pour constituer un matériel d'empierrement convenable ne sont pas très fréquentes, des carrières sont parfois ouvertes sur des affleurements d'éclogites. Malheureusement dans les circonstances actuelles, toutes celles que j'ai visitées à l'exception de la carrière Cordeau, près de la Maronière et de celle de Puy-Garnier en Saint-Etienne de Corcoué, sont abandonnées et la végétation ne permet plus de faire d'observations précises.

Dans la Corrèze, pays montagneux, les roches sont généralement plus fraîches, mais les matériaux résistants abondent, aussi les éclogites sont-elles peu exploitées à cause de leur trop grande ténacité qui en rend l'extraction et le cassage fort onéreux. La carrière ouverte dans cette roche à Moussours, avait été comblée au printemps de 1918, avant mon voyage dans la région. Il en existe une près de Chanteloube dont MM. Mouret et Puyaubert m'ont donné des échantillons.

Les blocs épars constituent donc la principale source d'information pour les minéralogistes et les relations géologiques sont par suite difficiles à mettre en évidence.

II. ÉTUDE MINÉRALOGIQUE

1. *Caractères extérieurs*

Le contraste des couleurs des éléments essentiels, le grenat plus ou moins rouge et le pyroxène gris ou vert, joint à l'absence de feldspath, donne aux éclogites leur facies caractéristique que ne modifie pas sensiblement la présence d'un ou plusieurs éléments accessoires.

Pour la facilité de la description, j'adopterai deux

types basés sur la différence de dimensions des éléments ; cette distinction n'a de valeur que lorsqu'il s'agit des deux formes extrêmes, car il existe tous les passages possibles entre elles :

Le 1^{er} type, dont les minéraux sont de grandes dimensions, atteint son maximum à Saint-Philbert de Grandlieu et dans ses environs. Le grenat d'un rose foncé a jusqu'à 2 ou 3 centimètres de diamètre. Il ne forme pas d'ailleurs de cristaux bien nets : ses bords sont souvent vagues, il renferme de nombreuses inclusions de pyroxène. Celui-ci est d'un vert d'herbe qui contraste fort joliment avec le rouge du grenat, le bleu vif du disthène et le rouge doré du rutile. Parfois le grenat est entouré d'une zone d'un vert foncé constituée par une amphibole. Sur une surface polie de la roche, il est facile de voir que les constituants de l'éclogite, sauf le grenat, sont allongés et s'enchevêtrent pour former une texture très serrée.

Le 2^e type est à grain fin ; c'est celui dont la couleur est le plus foncé. Sur le vert sombre du pyroxène et de l'amphibole (qu'il n'est pas possible de distinguer l'un de l'autre) apparaissent les petits grains rouges du grenat, disséminés dans toute la roche ; leur individualité est plus marquée, grâce à leur couleur vive.

Souvent dans les roches de ce type, l'amphibole et le mica blanc sont abondants et toujours en plages plus allongées et plus grandes que les autres éléments ; elles déterminent alors un rubanement plus accentué. D'ordinaire le grenat et le pyroxène sont distribués sans ordre ; il arrive cependant quelquefois qu'ils s'isolent en des lits distincts formant ainsi des bandes alternativement rouges et vertes.

Les roches de ce type sont compactes, extrêmement dures et tenaces ; très difficiles à entamer elles offrent une résistance remarquable à toutes les altérations.

Entre ces deux types, il existe à la Favrie en Saint-Philbert de Bouaine, une roche d'un vert moins vif qu'à Grandlieu et dont les grenats plus petits possèdent

des formes géométriques très nettes : ils se détachent en relief sur le fond qui les englobe ; il est d'ailleurs assez facile de les en extraire, bien qu'ils ne présentent pas de couronne kélyphique comme cela a lieu dans d'autres gisements.

Au Puy-Ferrières et à la Franchie, le pyroxène gris-verdâtre forme une masse compacte de couleur claire, sur laquelle on distingue plus ou moins facilement des clivages brillants de disthène incolore ; les grenats roses sont translucides.

2. Etude microscopique

a) *Définition générale. Composition minéralogique.* — On a vu plus haut que la première description de l'éclogite est due à Haüy ; il a défini cette roche ainsi qu'il suit :

« Dans cette roche, la diallage est considérée comme
« faisant fonction de base et forme avec le grenat une
« combinaison binaire à laquelle sont censés s'unir acci-
« dentellement le disthène, l'épidote et l'amphibole la-
« minaire. J'ai donné à cette roche le nom d'*éclogite*
« qui signifie *choix, élection*, parce que ses composants
« n'étant pas de ceux qui existent communément plu-
« sieurs ensemble dans les roches primitives, comme le
« feldspath, le mica, l'amphibole, semblent s'être *choisis*
« pour faire bande à part. Cette roche se trouve en Ca-
« rinthie dans le Saualpe et en Styrie. »

Depuis lors, les minéralogistes et les géologues qui ont employé ce terme l'ont appliqué non seulement à des roches ainsi comprises, mais aussi à des amphibolites à grenat et, dans bien des cas, à d'autres roches grenatifères dont la composition minéralogique est différente de celle des véritables éclogites.

Dans les pages qui suivent, je m'en tiendrai tout d'abord aux roches correspondant strictement à la définition d'Haüy, me réservant de discuter ensuite la

signification des roches désignées ainsi par les différents auteurs qui ont traité cette question.

Une éclogite sera donc non seulement un schiste cristallin caractérisé par l'association d'un *pyroxène* et d'un *grenat*, mais d'un pyroxène spécial, l'*omphazite*, et d'un grenat dans lequel prédomine l'*almandin*. A ces minéraux *essentiels* il faut joindre un élément *accessoire constant* mais peu abondant, le rutil, et fréquemment aussi divers minéraux *accidentels* : des *amphiboles*, un minéral *micacé*, le *disthène*, la *zoïsité* et plus rarement une *épidote*, ou une *clinozoïsité*, le *quartz* qui peuvent jouer un véritable rôle dans la constitution de variétés. Notons aussi la fréquence de grains de pyrite et de pyrrhotite.

Structure. — Ainsi que tous les schistes cristallins, les éclogites possèdent les caractères structurels de roches dont la cristallisation a eu lieu en milieu solide ; leurs minéraux n'ont généralement pas de contours bien définis, sauf parfois pour le rutil et le grenat ; leur ordre de cristallisation n'est pas rigoureusement fixé comme cela a lieu dans les roches provenant d'un magma fondu (roches éruptives) : la structure est nettement granoblastique.

Il n'existe pas de schistosité, mais parfois seulement une faible tendance au rubanement quand certains minéraux (pyroxène, amphibole, zoïsité) sont un peu allongés et disposés dans des directions plus ou moins parallèles.

Enfin, à cette structure normale, viennent s'adjoindre une structure et une composition minéralogique secondaires, dues à la production d'amphibole, de quartz et de feldspaths, qui constituent des groupements *kélyphitiques* pouvant se développer avec une telle ampleur qu'ils font presque disparaître la composition minéralogique et la structure originelles et établissent le passage à divers types d'amphibolites.

Tous ces caractères donnent aux éclogites une physionomie particulière et en font un groupe pétrographique bien individualisé.

3° Les Minéraux

a) *Les minéraux essentiels. α. Pyroxène (omphazite).* — Depuis Haüy, le pyroxène des écloğites est généralement désigné sous le nom d'*omphazite*, j'emploie donc ce nom dont je chercherai plus loin à préciser la signification.

Quand ses dimensions sont visibles sans le secours de la loupe, le pyroxène montre un aspect lamelleux, ses cristaux sont un peu allongés suivant *c* et orientés presque parallèlement, donnant à l'éclogite un vague rubanement; ces traînées de pyroxène subissent une légère déviation à leur rencontre du grenat. On ne constate jamais de formes géométriques. La cassure des portions très pyroxéniques des écloğites possède un aspect saccharoïde, mais localement elle prend un aspect compact et le microscope montre alors que ce changement d'apparence est le résultat d'une transformation du pyroxène qui sera décrite plus loin dans le paragraphe consacré à la kélyphite. En général, les dimensions du pyroxène n'atteignent pas celles du grenat, il est cependant des cas où les relations de grandeur de ces deux minéraux sont renversées. Il existe en effet au Cellier une roche dont le grenat se distingue à peine à la loupe, tandis que le pyroxène est visible plus facilement.

La couleur de l'omphazite des écloğites varie dans les tons verts; dans quelques roches du Puy Ferrières, de la Franchie et du Cellier, il est d'un gris vert très pâle, d'un vert intense à Saint-Denis la Chevasse et à Saint-Philbert de Grandlieu, ou bien d'un vert foncé mais toujours vif, sans jamais atteindre au vert noir de l'amphibole. Enfin, on peut observer à Fay, à Bouvron, un pyroxène d'un vert bleuâtre clair.

En lame mince, ce pyroxène est généralement incolore, quelquefois vert d'eau (Fay, Bouvron, les Guerches, Puy Ferrières). Ses propriétés optiques rappellent celles

du diopside : le plan des axes optiques est dans g' (010), n_p fait dans cette face un angle de 36° avec c dans l'angle obtus de ph^1 . Le minéral est optiquement positif, l'angle $2E$ dépasse 140° (1).

Dans les cas où il existe une légère coloration, cette couleur du pyroxène n'est pas homogène, elle est disposée par plaques et semble due à une oxydation. On peut alors distinguer un faible polychroïsme dans les teintes vert clair

n_m vert bleu légèrement teinté de jaune

n_g incolore

n_p vert bleu d'eau, avec $n_g < n_m < n_p$.

Dans cette variété, la biréfringence est plus faible que dans les autres, de plus, cette omphazite présente des phénomènes de dispersion très nets se traduisant par une extinction incomplète et une teinte bleuâtre de polarisation dans les sections perpendiculaires à un axe optique : en lumière convergente, l'hyperbole est franchée de bleu sur le bord concave.

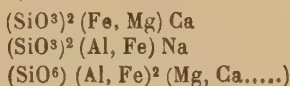
La séparation des minéraux constitutifs d'un échantillon de Fay a été faite par les liqueurs denses (mélange d'azotate de thallium et d'azotate d'argent). Le pyroxène vert d'eau était suffisamment pur pour que l'analyse puisse donner de bons résultats, les voici (2) :

(1) Les indices ne peuvent être mesurés par la méthode de la réflexion totale, les cristaux étant beaucoup trop petits. Par la méthode de Becke on peut voir que l'indice moyen (omphazite vert d'eau) est voisin de 1.67.

(2) Rosenbusch a exprimé l'hypothèse, *Mikrosk. Physiogr. I, Spez. Theil*, 1905, p. 212, que la haute teneur en alumine indiquée par les analyses antérieures d'omphazite est due à des inclusions de disthène. L'analyse donnée dans ce travail ayant été faite sur des matériaux très purs et le disthène manquant totalement dans la roche dont il provient, cette hypothèse ne saurait être admise.

SiO ²	54,88
Al ² O ³	10,44
Fe ² O ³	5,80
FeO	3,31
MgO	6,41
CaO	12,94 (1)
Na ² O	5,31
K ² O	0,34
TiO ²	0,39
P ² O ⁵	traces
P à 105°	néant
P au rouge	0,23
	100,05 Densité 3,31.

Si l'on cherche à exprimer ces résultats en fonction des types généralement admis pour la composition du pyroxène



on se heurte à une difficulté, il reste un excès de silice. Il est possible de l'interpréter en supposant que cette silice entre dans la constitution d'un composé ayant la formule de l'ægyrine-jadéite, mais dans lequel le sodium serait remplacé par des métaux bivalents : (Ca, Mg, Fe).

Il est nécessaire de procéder à une discussion en ce qui concerne l'attribution des sesquioxydes et de leur

(1) Damour a donné autrefois une analyse de l'omphazite de Fay.

SiO ²	54,53
Al ² O ³	14,25
Fe ² O ³	3,39
CaO	12,40
MgO	7,50
Na ² O	6,21
H ² O	traces
	98,18

Cette analyse est ancienne, les différences que l'on peut observer entre ses résultats et ceux obtenus par M. Raoult proviennent vraisemblablement de l'imperfection de la méthode analytique employée.

La densité trouvée par Damour est de 3,31 et par conséquent identique à celle donnée plus haut.

distribution entre les types jadéite-ægyrine et le silicate de Tschermak. On pourrait dans le premier indifféremment faire apparaître un pyroxène purement alumineux (jadéite) ou bien un mélange de celui-ci avec un type ferrique (ægyrine). Dans les pyroxènes des roches volcaniques, on admet généralement que le sodium se trouve dans des molécules ægyriniques et cette opinion se légitime par les propriétés optiques de ces pyroxènes (angles d'extinction, couleur, polychroïsme, biréfringence). Les *augites ægyriniques* réalisent bien les transitions entre l'augite et l'ægyrine. Ces propriétés ne sont pas du tout celles de l'omphacite dont l'angle d'extinction reste voisin de celui du diopside, le polychroïsme est nul ou très faible et la biréfringence également faible : il est certain que l'omphacite se rapproche beaucoup de la jadéite et c'est ce qui m'a conduit à compter toute la soude sous forme de molécules de jadéite et non pas d'ægyrine.

Par raison de symétrie on peut donc définir l'omphacite une *augite jadéitique* ; dans le cas du minéral de Fay, la composition est la suivante :

SiO ³ Ca	23,00	}	43,5
SiO ³ Fe	5,00		
SiO ³ Mg	14,00		
(SiO ³) ⁴ Al ² (Na, K) ²	36,00		36.0
(SiO ³) ⁴ (Al, Fe) ² Fe	1,84	}	19.0
(SiO ³) ⁴ (Al, Fe) ² Ca	10,45		
(SiO ³) ⁴ (Al, Fe) ² Mg	6,80		
SiO ₆ (Al, Fe) ² Fe	0,26	}	1,5
SiO ₆ (Al, Fe) ² Ca	0,77		
SiO ₆ (Al, Fe) ² Mg	0,47		
			100.0

M. de Limur, qui a beaucoup étudié la minéralogie du Morbihan, a décrit un échantillon provenant de l'île d'Arz (Baie du Morbihan). Il l'a assimilé à la chloromélanite, (qui constitue certaines haches préhistoriques rencontrées dans le massif armoricain), à cause de sa facile fusibilité au chalumeau avec coloration de la flamme en jaune.

Il était intéressant d'étudier ce minéral comparative-ment au pyroxène sodique des éclo- gites. J'ai examiné un échantillon recueilli par M. de Limur lui-même.

Il s'agit d'une substance d'un vert noir montrant des clivages brillants. L'examen microscopique décèle une nature hétérogène ; c'est en réalité une roche ne contenant pas de pyroxène, mais une amphibole d'un jaune verdâtre en lame mince ; elle constitue de grands cristaux et des aiguilles cristallitiques englobés avec quelques grains de zoisite et de magnétite dans un fond feldspathique (plagioclase voisin de l'albite). Ce mélange de minéraux explique les propriétés pyrognostiques bien observées, mais inexactement interprétées par M. de Limur. La roche est une orthoamphibolite dérivant sans doute d'une diabase.

Grenat. — D'une façon générale, le grenat des éclo- gites se présente surtout en cristaux nets quand ceux-ci ont des dimensions relativement grandes, en grains arrondis pæcilitiques dans le pyroxène et l'amphibole lorsqu'ils sont très petits. Cependant il n'en est pas nécessairement ainsi : la forme n'est pas toujours fonction de la dimension. Dans la belle roche de Saint-Philbert de Grandlieu, les grenats atteignent 2 centimètres et n'ont pourtant pas de contours géométriques. Dans certaines éclo- gites de Fay ou du Cellier, les grenats se distinguent de la pâte seulement par leur couleur et forment de petits points, malgré leurs faibles dimensions ; en lame mince, ils se présentent sous la forme de sections hexagonales ou losangiques suivant la direction dans laquelle la plaque les a coupés. Ces deux manières d'être peuvent se trouver dans la même roche, quelques fois même il est possible de les observer côte à côte dans une même préparation.

Quand les cristaux sont nets, l'adhérence avec les minéraux voisins est plus faible, tandis qu'eux-mêmes possèdent une plus grande cohésion, aussi ne se rompent-ils pas avec la roche sous les coups de marteau et apparaissent-ils en relief sur la cassure. Il en est ainsi

à la Favrie, où les grenats de 1 à 2 millimètres apparaissent sur le fond vert sombre de la roche avec les arêtes vives et les faces aisément reconnaissables du rhombododécaèdre.

J'ai rencontré au Puy Ferrières et à Saint-Denis-la-Chevasse des roches en partie ou totalement altérées, desquelles le grenat se détachent facilement avec sa forme intacte ; dans le premier cas, il reste dans l'éclogite une petite alvéole de couleur vert foncé conservant l'empreinte des faces du cristal.

Dans une roche du Cellier, les grenats de petites dimensions affectent une forme curieuse, ils sont toujours évidés en leur centre et renferment ainsi un noyau d'un minéral biréfringent qui est soit du quartz, soit du pyroxène. La cavité, et par suite le minéral qui la remplit, ont parfois des contours arrondis et dans d'autres cas géométriques.

Il arrive aussi que ces cristaux squelettiques de grenat sont englobés dans une grande plage de pyroxène et il n'est pas rare de voir qu'ils sont incomplets, réalisant des formes qui, à la symétrie près, rappellent celles du quartz dans la pegmatite graphique, toutefois j'ai constaté que dans un même cristal de pyroxène les cristaux englobés de grenats n'ont pas une orientation uniforme, il ne faut donc pas parler de structure graphique.

La couleur du grenat présente peu de variations : à Saint-Philbert de Bouaine, elle est rouge brun, presque opaque, ce qui est peu fréquent ; le plus souvent, le grenat est transparent, mais craquelé ; rose vif à Grand-lieu, rose pâle à la Franchie, aux environs de Seilhac, ainsi que dans une éclogite d'un vert bleuâtre de Bouvron, enfin il est d'un beau rouge dans les types ferrières de Fay et de Ferrières.

En lame mince, tous ces grenats sont incolores ou légèrement roses. Je n'ai jamais remarqué d'anomalies optiques.

Les inclusions sont extrêmement fréquentes et parfois de grandes dimensions, il est alors possible de s'en

apercevoir à l'œil nu, comme dans la roche de Saint-Philbert de Grandlieu, où des plages de pyroxène vert d'herbe sont englobées par le grenat.

Lorsque ces inclusions sont plus petites, elles sont constituées non seulement par du pyroxène, mais encore par de l'amphibole (souvent celle-ci diffère de l'amphibole en grandes plages de la roche par son polychroïsme plus intense), par du quartz, de la zoïsite, du disthène, du rutil en aiguilles ou sous forme de jolies petites macles en cœur. Dans les petits grains de grenat, les inclusions sont beaucoup plus rares, quelquefois, elles manquent complètement.

Les grenats, surtout en grandes plages, sont très fréquemment entourés d'une zone de kélyphite; cette transformation sera étudiée dans un chapitre spécial.

Jusqu'ici je ne possède qu'une seule analyse chimique complète du grenat des éclogites que j'ai étudiées, elle a été faite par M. Raoult sur un échantillon provenant de la Piltière, près de Saint-Philbert de Grandlieu. J'ai séparé les grenats des autres éléments par la méthode des liqueurs denses, en employant l'iodure de méthylène, après avoir pulvérisé la roche et fait une première séparation approximative par lévigation. Lorsque la séparation fut faite, il restait quelques grains de pyrite qui ont été dissous en faisant bouillir la poudre avec de l'acide azotique.

La densité du grenat ainsi purifié est de 3,86.

SiO ²	39,76
Al ² O ³	22,04
Fe ² O ³	1,37
FeO	18,06
MgO	8,92
CaO	10,42
	100,57

Il n'existe ni alcalis ni titane; la perte au feu est nulle.

Cette analyse correspond très sensiblement à la formule théorique du grénat. En effet :

	SiO ²	(Al,Fe) ² O ³	(Ca,Mg,Fe)O
	662	224	659
	2,95	1	2,93
au lieu de	3	1	3

Si l'on exprime les compositions caractéristiques en fonction des types théoriques de grenat généralement admis on obtient les résultats suivants :

Almandin	3SiO ² Al ² O ³ 3FeO	10,37
Pyrope	3SiO ² Al ² O ³ 3MgO	9,25
Grossulaire.	3SiO ² Al ² O ³ 3CaO	6,75
Andradite	3SiO ² Fe ² O ³ 3CaO	1

En admettant les rapports simplifiés 10, 9, 7, 1, les éléments se distribuent de la façon suivante entre ces divers grenats :

	Almandin	Pyrope	Grossulaire	Andradite
SiO ² . .	14,71	13,29	10,29	1,47
Al ² O ³ . .	8,33	7,53	5,83	
Fe ² O ³ . .				1,30
FeO . .	17,65			
MgO . .		8,36		
CaO . .			9,61	1,37
	<u>40,69</u>	<u>29,18</u>	<u>25,73</u>	<u>4,14</u>

Dans une belle éclogite de Fay à grenat rose se trouvent des portions presque exclusivement formées par du grenat ne contenant comme impuretés que quelques grains de rutile et de quartz ; ces derniers ont été éliminés par le procédé des liqueurs denses ; un peu de rutile est resté avec le grenat, mais il peut facilement être déduit de l'analyse par le calcul.

Une attaque par le carbonate de soude ayant donné un produit de fusion d'un bleu intense décelant une quantité notable de manganèse, j'ai entrepris l'analyse de ce minéral. La grande quantité de fer et la présence du manganèse ont nécessité pour leur séparation des précipitations répétées par l'acétate de sodium. Les

liqueurs filtrées contiennent une forte proportion des sels qui ont servi aux séparations antérieures si bien que la chaux et la magnésie dont la teneur est faible, précipitent mal ou entraînent d'autres corps, aussi je ne crois pas devoir donner les résultats complets de cette analyse, les derniers chiffres ne me satisfaisant pas, mais ceux que j'ai obtenus sont suffisants pour indiquer les grands traits de sa composition :

Teneur en MnO	4,84 %
» FeO	24,00 »

La chaux est moins abondante que dans le grenat de Grandlieu, Fe^2O^3 et MgO sont en très faible proportion. En effectuant le calcul comme précédemment, on voit que l'almandin existe dans la proportion de 55 %, la spessartine 10,84 %.

Ces résultats peuvent être considérés comme exacts.

L'incertitude réside dans les proportions relatives du grossulaire, du pyrope et de mélanite, le premier jouant un rôle beaucoup plus important que les deux derniers.

b) *Les minéraux accessoires. Rutile.* — De tous les minéraux accessoires des élogites, le rutile est le plus constant ; il ne manque guère que dans un type du Cellier, celui décrit pour les teintes exceptionnelles de son amphibole, encore est-il remplacé par de l'ilménite, généralement microscopique. Exceptionnellement, à Saint-Philbert de Grandlieu, le rutile atteint des dimensions inusitées, très visibles sur une surface polie de la roche, grâce à sa belle couleur jaune d'or ; dans quelques échantillons de la Corrèze il est d'un rouge vif, sa couleur en lames minces est jaune d'or ou gris violacé.

L'examen microscopique permet de distinguer les divers aspects suivants :

1° Des grains irréguliers ou des cristaux pouvant atteindre quelques dixièmes de millimètres de plus grande dimension. Les cristaux, assez allongés suivant c , sont limités par des faces m (110), h^1 (100), a^1 (101), avec parfois $b^{\frac{1}{2}}$ (111) ; les macles suivant a^1 (101)

et celles suivant $a\frac{1}{2}$ (301) ne sont pas rares. Cette dernière macle est parfois très abondante (Saint-Philbert de Grandlieu) et toujours constituée par des individus de dimensions égales, il en résulte la forme en cœur dans laquelle les axes c des deux individus font entre eux un angle de $54^{\circ}44'$. L'éclogite à grands éléments de la Compointrie est remarquable par l'abondance et la netteté de ces macles.

Ce n'est que lorsqu'ils atteignent une assez grande dimension que les cristaux de rutile possèdent des clivages prismatiques distincts.

2° Des cristaux beaucoup plus petits que les précédents, ne pouvant être aperçus qu'à l'aide de forts grossissements (objectif 7) : ils ne sont plus clairsemés dans l'éclogite, mais groupés en essaims de fines aiguilles dans les autres minéraux et notamment dans le grenat dont ils occupent d'ordinaire la partie centrale; Ce rutile est assez petit pour présenter des teintes brillantes de polarisation, malgré sa très haute biréfringence. Il n'existe pas de groupements réticulés et je n'ai pas constaté de ces orientations du rutile sur certains axes de symétrie du grenat, si fréquentes dans les gneiss de l'Inde.

Les macles suivant $a\frac{1}{2}$ ne manquent pas dans ce rutile de petites dimensions, mais elles conservent les mêmes caractères que celles citées plus haut, c'est-à-dire qu'elles ne participent pas à l'allongement des aiguilles qui les entourent.

J'ai observé dans quelques cristaux d'amphibole des auréoles polychroïques autour de petits grains de rutile.

Notons en terminant que certains des filons de quartz traversant les éclogites (La Gagnerie du Brignan, carrière de Piedpain) contiennent de beaux cristaux de rutile, atteignant 3 ou 4 centimètres ; ils sont allongés suivant l'axe vertical et présentent les faces m , h^1 et a^1 .

Le rutile est parfois associé à l'ilménite (voir ilménite). Il semble caractériser les véritables éclogites

tandis que dans les amphibolites le titane entre dans la constitution du sphène.

Quand des amphibolites sont associées aux éclogites, il est fréquent d'observer, dans les formes de passage de ces deux roches, des franges de leucoxène autour des grains de rutile. Enfin le rutile et le sphène co-existent en cristaux indépendants dans certaines amphibolites (La Gerbaudière), sans que leur position ni leur structure puissent permettre de penser que l'un dérive de l'autre.

Ilménite. — Le plus souvent ce minéral est associé au rutile, de telle sorte qu'il est vraisemblable que l'un dérive de l'autre ; tantôt l'ilménite borde le rutile, tantôt ce dernier au contraire occupe la partie périphérique d'un grain d'ilménite. On pourrait rappeler que dans la baie de Conleau (Morbihan) se trouvent des cristaux de rutile dont la périphérie est constituée par de l'ilménite dans ce cas celle-ci a été certainement formée aux dépens du rutile (1).

Exceptionnellement, le fer titané remplace complètement le rutile dans une éclogite du Cellier dont il a déjà été question plusieurs fois pour les propriétés un peu spéciales de ses minéraux. Cette ilménite forme des grains sans contours géométriques qui remplissent les vides laissés par les autres éléments. L'analyse chimique met en évidence dans cette roche une quantité de titane beaucoup plus élevée que dans la plupart des autres éclogites, 5,16 0/0. Si l'on néglige la quantité de titane, très faible d'ailleurs, qui peut être contenue dans l'amphibole aux teintes de polychroïsme d'un gris violacé, on peut en conclure que la teneur calculée en FeO TiO_2 s'élève à 9,73 0/0.

Il me faut signaler une particularité intéressante que j'ai observée dans les éclogites de la Corrèze et du lac Cornu. Dans les associations dentelliformes d'amphibole et de feldspath ou de quartz résultant de la transfor-

(1) A. Lacroix, — *Minér. France*, t. III, p. 198.

mation partielle ou totale du grenat et localisés sur le cadavre de celui-ci (voir Pl. II, fig. 2), se trouvent des filaments d'ilménite affectant la même forme que la dentelle d'amphibole ; il serait difficile de faire le diagnostic de l'ilménite et d'éliminer l'hypothèse de la magnétite si l'on n'observait pas de petites inclusions de rutil dans le grenat, qui disparaissent dans le produit de la transformation, il est donc certain que le titane représenté par le rutil s'est combiné avec le fer de l'almandin pour former de l'ilménite. Ce minéral n'existe jamais lorsque ces associations minéralogiques se sont produites aux dépens des autres éléments de l'éclogite.

Pyrite et Pyrrhotite. — Ces deux sulfures se rencontrent fréquemment dans les éclogites de toutes les localités étudiées ; ils y forment de petits grains sans formes géométriques et dépourvus de toute particularité digne d'intérêt.

Apatite. — L'apatite n'existe qu'en faible proportion sous forme de gros grains arrondis.

Les analyses chimiques permettent d'apprécier quelle est sa teneur maximum. Elle n'atteint pour les roches les plus riches, Fay et le Cellier, que 1,68 et 2,3 0/0.

c) *Minéraux accidentels.* — Je désigne sous ce nom des minéraux qui ne se trouvent pas dans tous les gisements mais qui, lorsqu'ils apparaissent, peuvent prendre une grande importance.

α. *Amphiboles.* — Il ne sera question ici que des amphiboles en grandes plages continues qui, au point de vue structural, sont comparables à l'omphacite.

De même que celle-ci, les amphiboles n'ont pas de formes géométriques distinctes, par contre, elles présentent plusieurs variétés. Leur abondance est très inégale ; elles ont généralement de plus grandes dimensions que les pyroxènes. Même dans les roches à grain fin elles constituent des plages allongées, orientées suivant le sens du rubanement. Par leur aspect et sou-

vent par leur couleur, elles tranchent sur les autres éléments, leurs clivages très brillants appellent de suite l'attention.

Dans le type d'éclogite le plus fréquent, l'amphibole est vert sombre, parfois si foncé qu'elle paraît noire et cela même dans les roches à fond clair dont le pyroxène est vert tirant sur le bleu et le grenat rose comme à Bouvron.

A Lavergne et à Chanteloube, elle est brun clair, ses clivages ont un reflet bronzé. A Saint-Philbert de Grandlieu, dans la roche dont le pyroxène est très vert, l'amphibole est incolore et possède sur ses clivages un éclat un peu nacré.

L'examen microscopique montre qu'il existe souvent des amphiboles d'origines différentes ; l'une de cristallisation contemporaine ou à peu près contemporaine du pyroxène, l'autre de formation postérieure, produite aux dépens soit du grenat, soit du pyroxène pour former des associations synanthétiques qui feront l'objet d'un paragraphe spécial. Cette distinction d'origine doit être signalée dès à présent, car elle correspond à des différences de propriétés physiques, conséquence de différences de composition chimique.

Dans les éclogites à amphibole primaire, celle-ci est le plus souvent de la *pargasite*, peu colorée et par suite peu polychroïque. En lame mince, elle apparaît presque incolore sauf parallèlement à n_g qui, dans g^1 fait un angle (carrière de la Maronnière) de 24° avec l'axe vertical.

L'angle des axes est assez grand.

La *hornblende commune*, avec ses propriétés normales, se rencontre aussi dans les éclogites, surtout dans celles qui constituent un passage aux amphibolites, mais sa couleur en lame mince est toujours pâle.

L'éclogite de la Gagnerie du Brignan renferme une amphibole qui mérite une attention particulière, elle

n'est pas distribuée régulièrement, elle remplit des diaclases et se propage à partir d'elles dans l'éclogite sur quelques millimètres ; un coup de marteau heureux décollant ces joints permet parfois de mettre à nu des surfaces couvertes par des baguettes d'un bleu presque noir qui font illusion sur l'abondance de ce minéral ; en réalité celui-ci ne forme qu'un mince enduit, d'où je n'ai pu extraire une quantité suffisante de matière pour l'analyse ; par contre il est facile d'obtenir des plaques parallèles à la zone d'allongement.

La poudre examinée au microscope se montre avec une belle couleur bleue présentant les teintes de polychroïsme de la glaucophane :

n_g = bleu lavande

n_m = lilas

n_p = incolore.

Mais en lame mince, cette amphibole devient incolore, sauf sur les bords où elle se teinte progressivement et parfois très vivement, elle possède alors les mêmes teintes de polychroïsme que dans la poudre.

Une section voisine de h^1 , est peu biréfringente ; elle présente des facules dans lesquelles la biréfringence est nulle ou presque nulle, l'emploi d'une lame de quartz sensible montre que les parties biréfringentes ont un allongement positif, mais parfois les parties très colorées ont un allongement négatif. Toutes ces sections étant normales à la bissectrice aiguë n_p , on comprend aisément la cause de ce changement de signe mis en évidence directement par examen en lumière convergente. Dans les parties claires qui correspondent à la glaucophane normale, le plan des axes optiques est parallèle à g^1 avec un angle $2E$ qui ne dépasse guère 30° et diminue progressivement jusqu'à devenir nul, puis dans les sections à allongement négatif, de couleur plus foncée, le plan des axes normal à g^1 . L'amphibole de couleur claire doit être un type surtout alumineux de glaucophane, tandis que la

partie plus ferrifère est une *crossite*. Malheureusement je n'ai pu faire l'analyse de cette amphibole, l'échantillon étudié provient de la collection Baret (Musée de Nantes) et je n'ai pu pour trouver ce minéral en place.

Il existe au Cellier une variété d'amphibole dont les teintes de polychroïsme se rapprochent de celles de la glaucophane, mais sont moins franches (1) :

n_g = bleu verdâtre

n_m = violacé

n_p = jaune pâle.

L'angle d'extinction dans g^1 est de 13° . L'allongement est positif, le signe optique négatif. L'angle $2E$ est petit.

Cette amphibole présente une dispersion nette, se manifestant par des extinctions incomplètes en lumière blanche.

Minéraux micacés. — Des minéraux à structure micacé se trouvent dans les éclogites sous divers aspects :

Mica blanc (paragonite ?). — Il existe dans certaines éclogites de grandes lames micacées, très brillantes, atteignant 1 centimètre de diamètre. Il faut signaler la fréquence, et au Cellier il faut même dire la constance, des macles polysynthétiques suivant m (110), avec p (001) comme face d'accrolement. Elles sont visibles dans les sections perpendiculaires à p , sous forme de bandes à contours rectilignes, très irrégulièrement biréfringentes, mais à extinction uniformément longitudinale. L'existence de ces macles explique les valeurs très variables de l'angle des axes optiques qui oscille entre 70° et 0° . Ces propriétés optiques sont celles de la muscovite, mais le minéral est beaucoup plus facilement attaqué par l'acide fluosilicique que ce mica et l'essai Boricky n'y met en évidence que de la chaux et de la soude, ce mica n'est donc pas de la muscovite ; d'ailleurs la teneur en K_2O ne dépasse guère dans les éclogites que j'ai étudiées,

(1) M. Murgoci a fait remarquer que les teintes de polychroïsme ne sont pas en relation avec les axes optiques du cristal, mais avec les axes cristallographiques.

0,60 %, et dans une éclogite du Cellier qui paraît très micacée l'analyse chimique donne une quantité encore plus faible de potasse, la haute biréfringence et l'extinction longitudinale des sections perpendiculaires au clivage plaident contre l'hypothèse de la margarite ; il s'agit sans doute d'une paragonite calcique. N'ayant pu isoler ce minéral pour l'analyser, je le désignerai provisoirement sous le nom de mica blanc qui ne préjuge rien de sa nature.

Ce mica, ainsi que les autres minéraux des éclogites, est parfois encerclé par une association synanthétique de plusieurs minéraux dont l'un est de la biotite.

Muscovite (Damourite). — Dans les éclogites, cette variété de muscovite se trouve surtout à l'état de pseudomorphoses du disthène. Très développée à Bouvron (La Gagnerie du Brignan), elle est d'un vert plus ou moins vif. Dans ce même gisement on peut voir facilement le contraste des caractères morphologiques de la muscovite des micaschistes voisins en lames planes, élastiques, à éclat brillant et de la damourite en lames flexibles, mais non élastiques, à éclat gras qui rappelle plutôt l'aspect du talc que celui d'un mica. Les propriétés optiques sont celles de la muscovite, je n'ai pas observé de macles. De même que le disthène, la muscovite en grandes lames se trouve (Saint-Denis-la-Chevasse) dans les veinules ou amandes quartzieuses qui traversent les éclogites, elle tapisse souvent leurs joints et se développe dans la roche elle-même sur quelques centimètres ; ces minéraux sont dus à des circulations hydrothermales.

Biotite. — La biotite est très rare dans les éclogites, elle n'existe que sous forme de petites lamelles microscopiques prenant avec le quartz des aspects dentelliformes et entourant le mica blanc, sur laquelle elle s'oriente géométriquement. Les relations des deux minéraux sont telles qu'il n'est pas possible d'échapper à cette conclusion que la biotite résulte de la transformation du mica blanc (Saint-Denis-la-Chevasse).

A Mousours, la biotite joue un rôle assez important dans la composition de l'éclogite. Elle semble homogène en lumière naturelle; en lumière polarisée on s'aperçoit qu'elle est formée d'un fouillis de petites lamelles enchevêtrées, ses relations avec les autres éléments indiquent une origine certainement postérieure et très probablement secondaire; en effet, elle remplit les intervalles du grenat et du pyroxène et surtout les fissures de la roche.

Epidote et clinozoïsité. — D'une façon générale l'épidote, caractérisée par sa haute biréfringence, est très rare dans les éclogites françaises. Elle y forme de petits grains épigénisant le grenat. Je citerai cependant quelques exceptions à la Gagnerie du Brignan où elle joue un rôle important dans une variété d'éclogite; elle y constitue de grandes plages dont la biréfringence est très inégale et qui passe dans certaines portions du cristal à la clinozoïsité.

Elle est très abondante à l'île de Groix dans les glaucophanites et autres roches à glaucophane, de même que dans les roches à pyroxène apparentées aux éclogites décrites plus haut.

Par contre le type peu biréfringent constitué par la clinozoïsité (1) sont beaucoup plus fréquents.

J'ai pu dans certains cas, préciser la position de quelques types dans cette série continue clinozoïsité-épidote.

(1) Cf. A. Lacroix. — *Minér. France*, IV, p. 709. « On sait que M. Weinschenk (*Zeitsch. Kryst.* XXVI, 1896, 161) a proposé de désigner sous le nom de *clinozoïsité* les types pauvres en fer et par suite voisins de la zoïsité au point de vue chimique. Ils sont essentiellement caractérisés par leur biréfringence qui est de 0,01 ou plus faible. Le schéma des propriétés optiques de la clinozoïsité diffère en outre de celui de l'épidote en ce que le petit angle de 2 à 3° fait par n_p avec l'axe vertical se trouve dans l'angle obtus de ph^1 et non pas dans l'angle aigu. Tandis que dans l'épidote, la bissectrice aiguë est négative avec $\rho > v$, la clinozoïsité est optiquement positive avec $\rho < v$.

La dispersion des bissectrices est faible dans l'épidote, forte dans la clinozoïsité. Enfin par suite d'une valeur différente de 2V, tandis que dans l'épidote le clivage $p(001)$ est presque perpendiculaire à un axe optique, dans la clinozoïsité il est très oblique sur celui-ci. »

C'est ainsi que j'ai trouvé dans une éclogite de Fay une section maclée suivant h^1 , taillée à peu près parallèlement à g^1 , c'est-à-dire parallèlement au plan des axes optiques ; l'extinction y est symétrique de part et d'autre de la ligne de macle, ce qui permet d'orienter rigoureusement la section. Le petit angle, d'environ 3° , que n_p fait avec la trace de macle, doit être compté dans l'angle obtus de ph^1 , c'est donc bien de la clinozoïsité. Cette précision était nécessaire, la biréfringence indiquant un type situé à la limite de l'épidote, la plage est mouchetée de teintes bleuâtres et jaunes pâles.

Zoïsité (1). — Il n'est pas toujours facile de reconnaître la zoïsité à l'œil nu, mais dans la carrière de Piedpain, près de Saint-Philbert-de-Grandlieu, elle est si abondante qu'elle forme des lits de petits cristaux d'un blanc nacré, allongés et orientés suivant le rubanement de la roche. Cet aspect très particulier trouve son équivalent dans une amphibolite de Chantepie, à l'ouest de Liré, où la zoïsité est associée à de l'amphibole vert clair, du sphène et du quartz. La zoïsité de ces deux roches appartient à la variété β .

Mais en outre, à Piedpain, cette même roche est traversée par des filons de quartz renfermant des agrégats bacillaires d'une zoïsité grise dont les cristaux atteignent plusieurs centimètres. Les propriétés optiques de cette zoïsité sont celles du type α , très dispersif.

A Saint-Denis-la-Chevasse, une plaque taillée parallèlement aux lits de mica et de quartz montre de nombreuses sections de zoïsité certainement primaire ; celle-ci en effet est parfois englobée dans une plage

(1) Pour l'étude des variétés de zoïsité j'ai adopté la nomenclature de M. Termier.

α La zoïsité α est caractérisée par une forte dispersion, $\rho < v$; ses axes optiques sont situés dans le plan $g^1(010)$. Elle est optiquement positive ; n_p est à peu près normal à $g^1(100)$.

La zoïsité β diffère de la première par le sens de sa dispersion $\rho > v$, d'ailleurs beaucoup moins intense et parce que les axes optiques sont situés dans le plan $p(001)$.

d'amphibole et par conséquent de cristallisation antérieure. J'ai observé une section particulièrement intéressante ; un grand cristal allongé suivant l'axe vertical a été brisé par des actions dynamiques et l'un des fragments a été légèrement dévié, il n'est plus rigoureusement normal à n_g , de plus le plan des axes optiques est parallèle à g^1 comme dans la zoïsité α , mais sans présenter les teintes de dispersion habituelles aux sections h^1 de la zoïsité α . L'autre fragment du même cristal est resté en place, il donne en lumière convergente une image mieux centrée ; c'est de la zoïsité dans laquelle le plan des axes est parallèle à p . A l'extrémité de ce cristal se trouve accolée une petite plage de zoïsité très dispersive, elle est mélangée à du clinocllore ; l'angle des axes de cette zoïsité β est petit et la biréfringence faible ; peut-être peut-on supposer que les phénomènes dynamiques ont pu déterminer le changement de position du plan des axes dans la première moitié du cristal.

Dans plusieurs éclogites, il est fréquent d'observer la zoïsité β en grandes baguettes et la zoïsité α en petits grains épigénisant la première. Une observation de M. Termier (1) décrivant une roche de Bobbio indiquait les mêmes relations : « çà et là parmi les grains de la zoïsité sans dispersion se glisse un grain de zoïsité classique. Il y a aussi des cristaux de zoïsité sans dispersion qui renferment de petites inclusions de zoïsité classique. » De ces observations il semble résulter que le plus souvent la zoïsité β est l'élément normal des éclogites et que la variété α est secondaire. Cependant ceci n'est pas absolument général, car à la Favrie, la zoïsité α est très abondante et elle semble bien primaire.

Notons en terminant que la zoïsité est parfois entourée de kélyphitoïde.

Disthène. — Le disthène est un élément accessoire très fréquent dans les éclogites des gisements français et

(1) *Bull. Soc. Minér.*, XXI, 1898, p. 150.

qui, dans certains d'entre eux, arrive à jouer un rôle assez important. Il est d'ordinaire bleu, de nuances variées. Dans l'éclogite à gros grain de Saint-Philbert-de-Grandlieu, sa couleur bleu sombre tranche sur le vert vif du pyroxène. Au Moulin de Benayes, et à Chanteloube, il est d'un bleu vif, en petites baguettes isolées.

Parfois le disthène est incolore, comme au Puy Ferrières, où il est difficile de le distinguer à première vue de l'amphibole, c'est seulement en faisant miroiter les clivages qu'on peut faire la distinction entre ces deux minéraux. Le disthène se reconnaît à l'éclat de son clivage h^1 (100), sa couleur est avivée et prend une teinte bleuâtre quand l'échantillon est imbibé d'eau.

Dans les lames minces, le disthène est plus allongé suivant l'axe vertical que le pyroxène. La facilité de ses trois clivages h^1 (100), g^1 (010), p (001) et en lame mince, la valeur de sa biréfringence ($n_g - n_p = 0,016$), son haut relief, appellent l'attention sur lui, le diagnostic se précise par l'extinction à 30° dans la section h^1 aisément reconnaissables parce qu'elle est parallèle au clivage le plus facile et perpendiculaire à la bissectrice aiguë négative.

Des bandes hémitropes sont fréquentes ; l'examen des lames de clivage suffisamment épaisses permet de préciser leur signification ; elles correspondent à la macle ayant h^1 comme plan d'accrolement avec axe de rotation parallèle à l'arête ph^1 , les plans des axes des deux individus sont en effet croisés à 60° .

Les cristaux de disthène, grâce à leur flexibilité, constituent un excellent réactif pour déceler les traces d'action mécanique subies par une roche. Avant même qu'aucune déformation mécanique permanente n'ait atteint les autres minéraux des éclogites, le disthène se tord et présente alors des extinctions roulantes très caractéristiques. La déformation, observée dans les éclogites n'atteint cependant jamais l'ampleur constatée dans le disthène des micaschistes associés aux

éclogites, ceux de Fay, par exemple, où des macles secondaires suivant p (001) s'ajoutant aux précédents sont fréquentes (1).

Très fréquemment, le disthène est corrodé et entouré par une zone vaguement fibreuse diffusant la lumière dont l'étude n'est pas toujours facile. L'extinction du disthène et celle du minéral qui l'encercle ne sont pas simultanées. Ce minéral se trouve en petits grains enveloppés dans du quartz finement grenu. Sa réfringence est si semblable à celle de l'amphibole de la kélyphite voisine qu'on peut se demander s'il ne se confond pas avec celle-ci. Parfois la zone fibreuse manque et le disthène est directement enveloppé par de petits grains d'amphibole déterminable. Ces transformations sont fréquentes dans un grand nombre de gisements.

Il faut signaler aussi des pseudomorphoses spéciales à certaines localités. A Bouvron, par exemple, on voit des cristaux corrodés de disthène épais dans un fouillis de lamelles de damourite sans orientation. Dans les micaschistes du même gisement, se trouvent des masses vertes de damourite écailleuse qui n'ont pas d'autre origine. On y trouve aussi des lames de disthène atteignant plusieurs centimètres de plus grandes dimensions et qui présentent un mode d'altération plus régulier; des lames de damourite sont implantées normalement au clivage h^1 . Elles grandissent et gagnent de proche en proche formant au cristal une enveloppe dont l'accroissement est centripète. Quand toute trace de disthène a disparu, on se trouve en présence de deux croûtes de mica lamelleux, accolées bord à bord.

Cette damourite a un éclat gras, ses lames ont l'aspect du talc plutôt que de la muscovite. On sait que la damourite trouvé originellement à Pontivy est aussi le résultat de pseudomorphoses du disthène.

Dans la Loire-Inférieure et la Vendée, le disthène a

(1) *Minér. France*, I, 1893, p. 67 et fig. 8, p. 69.

été principalement observé à Bouvron, Fay, Piedpain et Saint-Denis-la-Chevasse, mais il joue un rôle beaucoup plus important dans les élogites de la Corrèze, surtout au Puy Ferrières et à la Franchie.

Le disthène ne se trouve pas seulement comme constituant de l'élogite, il existe aussi dans les amandes ou les veinules quartzeuses qui traversent cette roche et forment le remplissage de fissures par des circulations hydrothermales; il constitue alors parfois de jolis échantillons de collection dont les cristaux atteignent plusieurs centimètres de longueur; il en est ainsi à Bouvron (1), à Piedpain, à Saint-Denis-la-Chevasse, etc.

Il est intéressant de noter un point qui sera discuté plus loin. Quand les micaschistes qui accompagnent les élogites renferment un silicate d'alumine, celui-ci n'est ni de la sillimanite, ni de l'andalousite, mais du disthène.

Quartz. — Dans certains gisements, le quartz joue un rôle appréciable dans la constitution de la roche. Au Cellier et dans les élogites des localités les plus proches, il est associé au grenat d'une façon singulière, il occupe le centre de cristaux de grenat, ceux-ci sont réduits à une simple couronne. A Dournets, le rutile occupe le centre de grains de quartz, eux-mêmes englobés dans l'amphibole. Fréquemment il forme de petites plages remplissant les vides des minéraux à structure diablastique. Lorsqu'il en est ainsi, il n'est pas toujours possible de le déterminer rigoureusement en raison de sa petitesse.

Feldspaths. — En général, les feldspaths n'existent pas dans les véritables élogites, du moins à l'état de minéral primitif, on ne les observe qu'associés à l'amphibole ou à un autre minéral dans les associations kélyphitiques et diblastiques. Sauf dans quelques rares échantillons dont un de Saint-Denis-la-Chevasse, où la grandeur des éléments a permis de reconnaître l'albite,

(1) Ch. Baret. — *Bull. soc. franç. minér.* XVIII, 123, 1895.

il est bien difficile de démontrer si le minéral blanc de la kélyphite est du feldspath ou du quartz.

III. — STRUCTURE

Il y a lieu de considérer dans les élogites une structure primaire et une structure secondaire, mais comme dans le langage des pétrographes au mot de secondaire est le plus généralement attachée l'idée d'altération due aux agents atmosphériques, et que ceux-ci n'ont aucun lien de causalité avec les phénomènes qui nous occupent, je préfère leur substituer l'expression de *structure paramorphique* qui ne prête pas à l'équivoque et qui, en outre, exprime ce fait d'observation qui sera développé plus loin que cette structure, accompagnée d'un changement de composition *minéralogique*, est le résultat non point d'un changement de composition chimique, mais d'un simple réarrangement moléculaire.

STRUCTURE PRIMORDIALE

La structure primordiale des élogites est la structure granoblastique typique, c'est-à-dire une structure holocristalline sans ordre constant de cristallisation des divers minéraux qui la constituent. Si l'on excepte le rutile, lorsqu'il se trouve en inclusions dans les autres minéraux et dans certains cas le grenat, tous les minéraux des élogites sont xénomorphes, ils se sont gênés mutuellement dans leur formation, se sont enchevêtrés sans pouvoir réaliser de formes cristallines complètes ; ils ne sont pas limités par des surfaces planes à signification cristallographique définie, à l'exception parfois des faces de clivage.

Tout ceci donne à la roche une très grande tenacité, et un aspect très particulier ; en lame mince l'on ne voit point de vides entre les minéraux ; ils sont parfois

englobés les uns dans les autres, ou bien une portion de l'un interrompt la continuité d'un autre.

En raison de sa symétrie cubique, le grenat est globuleux ; l'amphibole, le disthène, la zoïsite et, à un moindre degré, l'omphazite peuvent être allongés suivant leur axe vertical et en outre orientés suivant des directions à peu près parallèles, il en résulte alors pour l'éclogite un certain rubanement.

Pour la clarté des descriptions, il est nécessaire d'établir quelques types, mais ceux-ci ne diffèrent essentiellement les uns des autres par aucun caractère véritablement important ; ils constituent surtout des variations de grain et l'on peut observer d'ailleurs tous les passages entre eux.

Le 1^{er} type est caractérisé par l'individualité bien marquée des grenats et par leurs grandes dimensions, il comprend deux variétés.

a) *Facies La Compointrie*. — La grandeur des éléments, et l'égalité de leurs dimensions, donnent l'aspect particulier à ce facies. Le grenat possède soit des formes géométriques (La Favrie, Saint-Denis la Chevasse), soit des contours arrondis (La Compointrie). Il n'y a point de rubanement lorsque l'omphazite, le disthène, la zoïsite ne sont ni allongés ni orientés parallèlement, examinés en lame mince, ces minéraux donnent l'impression d'une écumoire, parce qu'ils sont criblés d'inclusions, parcelles de minéraux de réfringence différente. Cet aspect se rencontre à la Compointrie, en Saint-Philbert de Grandlieu et au Puy Ferrières.

Par contre lorsqu'il se trouve de grandes baguettes d'omphazite, de disthène ou de zoïsite orientées parallèlement, celles-ci déterminent un rubanement. Ceci est réalisé dans la carrière de Piedpain où la zoïsite si abondante constitue des lits distincts.

Les formations paramorphiques sont plus ou moins développées parmi les roches de cette structure, mais il est rare d'en trouver qui en soient totalement dépourvues.

Gisements caractéristiques : Puy Ferrières, Saint-

Denis la Chevasse, Les Guerches, La Favrie, La Compointrie, Piedpain, Fay.

b) *Facies Campbon*. — Une variété de ce 1^{er} type est réalisée d'une manière parfaite par une roche de Campbon qui me servira d'exemple.

Les rhombododécaèdres du grenat se détachent en relief sur une pâte d'un gris vert des autres éléments ne se distinguant guère les uns des autres sauf pour quelques lames de mica. Au microscope, les contours des sections sont bien définis ; les baguettes d'omphazite sont petites, serrées les unes contre les autres. Le grenat a cristallisé incontestablement le premier, les baguettes d'omphazite s'arrêtent brusquement à sa surface et ne subissent pas de déviation, le minéral micacé est déchiqueté et englobe le pyroxène.

Le II^e type qui comprend également deux variétés se distingue par la petitesse des grenats et surtout l'absence de formes géométriques. Ils sont groupés par paquets, localisés dans certains endroits de la roche.

a) *Facies Le Cellier*. — Les subdivisions qui peuvent être établies sont basées sur les dimensions relatives des autres éléments ou bien, comme dans certaines roches du Cellier, l'omphazite vert d'eau est en grains plus grands que le grenat ; l'amphibole constitue des plages plus grandes encore dont la cristallisation a suivi celle de l'omphazite et du grenat.

b) *Facies Fay*. — Enfin c'est à ce type extrême à grain fin que se rapporte la majorité des échantillons recueillis au Nord de la Loire ; tous les éléments constitutifs de la roche sont très petits, l'on ne remarque ni allongement ni orientation. Ces roches sont les plus tenaces parmi les éclogites.

Dans quelques roches présentant cette structure, se trouvent de grandes lames porphyroblastiques de mica blanc, d'amphibole ou de zoisite qui sont tachetées par

tous les petits grains de grenat qu'elles renferment.

Je n'ai jamais rencontré de transformations kélyphitiques dans les roches de cette structure.

Gisements caractéristiques : Camphon, Bouvron, Fay, Saint-Mars du Désert, Le Cellier, La Vinatière.

STRUCTURES PARAMORPHIQUES

M. Becke a donné le nom de structure diablastique à celle qui résulte de l'interpénétration de deux minéraux dont l'un présente des formes plus ou moins cristallitiques, dentelliformes, avec prédominance des contours courbes, bien qu'il existe des cas dans lesquels les squelettes cristallins sont limités par des surfaces planes (en général baguettes allongées). Dans les éclo-gites, ou plutôt parmi les roches qui constituent le passage de celles-ci aux amphibolites (et qu'on n'en peut séparer, sans elles l'étude de ces structures seraient trop incomplètes), il se trouve des roches, où l'examen de la plaque mince montre la transformation totale des éléments primordiaux en ces deux minéraux diablastiques. L'élément coloré, qui est d'ordinaire de l'amphibole, tend par place à former des plages homogènes, Je considère cet aspect comme répondant à la structure diablastique, mais il est le terme ultime de transformations dont je vais passer en revue les diverses modalités.

De ces deux minéraux, l'un (amphibole ou pyroxène), beaucoup plus réfringent, généralement coloré ou légèrement teinté en vert, possède des formes vermiculées débutant par une ligne droite qui s'incline en crosse à son extrémité ou bien il constitue de petits points rangés sur une même ligne. Il est parfois plus sinueux, encore plus contourné, dessinant des arabesques, la trame d'un canevas qui apparaît en relief sur un fond plus plat et incolore. C'est le cas le plus général.

Quelquefois le métasilicate se présente sous forme de baguettes ou de fibres disposées parallèlement ou

croisées sous des angles variables avec une autre série de fibres ; l'ensemble forme une grille plus ou moins régulière. Il en est ainsi dans quelques roches du Puy Ferrières et surtout parmi celles du Lac Cornu et de l'Aiguille de La Fleuriaz. Des portions d'une même plaque contiennent les unes des grilles d'amphibole, les autres des grilles de pyroxène.

L'élément qui occupe les jours de la dentelle ou les intervalles des quadrillages est du quartz ou un feldspath, généralement acide, l'albite. On peut le déterminer avec certitude dans une roche de Saint-Denis la Chevasse, où l'on voit les macles des plagioclases et dans certaines autres roches de la Corrèze.

Aussi bien pour l'élément coloré que pour le minéral blanc il existe toutes les variations de grandeur depuis l'exemple qui vient d'être cité, où les minéraux à structure diablastique sont presque de la même grandeur que les minéraux primordiaux, jusqu'à quelques roches de la Corrèze où ces éléments sont si petits qu'il est impossible de déterminer leur nature. En raison de leur petitesse, ils diffusent la lumière et donnent l'impression de petites lignes noires enchevêtrées et contournées lorsqu'on les regarde sans le polariseur. C'est alors une structure cryptodiablastique.

Une autre modalité de structure qu'il n'est plus possible d'appeler diablastique, parce qu'un seul minéral y participe, est réalisée principalement à Saint-Philbert de Grandlieu. Elle est constituée par des fibres très fines d'amphibole serrées les unes contre les autres et s'éteignant par plages sous un même angle, on se trouve alors en présence d'un seul minéral fibreux. Ces fibres sont parfois disposées en éventail autour du grenat, ou bien entrecroisées formant une structure en grille.

*Relations des associations minéralogiques
à structure diablastique
avec les minéraux primordiaux*

On vient de voir que les structures paramorphiques sont dues à la transformation des divers minéraux de l'éclogite ; ce sont elles qui font l'objet des différents paragraphes de ce chapitre.

Je vais considérer successivement ce qui est particulier aux transformations de chacun des minéraux de la roche : grenat, omphazite, disthène, zoisite, etc.

Les transformations du grenat présentent plusieurs modalités :

a) *Structure diablastique.* — Le grenat est entouré d'une couronne composée de deux minéraux à structure diablastique, l'un des éléments très réfringents, généralement l'amphibole, mais parfois le pyroxène, dessine une trame qui apparaît en relief. Cette trame est formée soit par des lignes courbes enchevêtrées en arabesque, soit par des baguettes rectilignes implantées normalement ou obliquement sur la surface du grenat. Le minéral qui occupe les interstices est un élément blanc, feldspath (acide à Saint-Denis-la-Chevasse, voisin de l'anorthite au Puy Ferrières) ou quartz. Schrauf a appelé autrefois kélyphite cette écorce du grenat et la description ci-dessus correspond bien à la définition admise aujourd'hui pour ce terme. Aux deux éléments de la kélyphite, il faut en joindre parfois un troisième, un minéral.

Cette structure est réalisée en Corrèze ; elle est particulièrement nette à Vernijoux et à Boissinet. Dans ce dernier gisement surtout, la transformation de la roche est presque totale et il est bien évident qu'il n'y a eu aucun échange moléculaire entre les minéraux différents contigus. Toute l'étendue de la plaque est occu-

pée par des minéraux à structure diablastique, mais on peut encore reconnaître le squelette des minéraux antérieurs, ceux-ci sont isolés et n'offrent pas tous le même aspect. De place en place, on rencontre de petits noyaux de grenat au centre de ces dentelles. Les vermiculisations d'amphibole sont implantées perpendiculairement à sa surface. Les interstices sont occupés par du quartz. A mesure que les fibres d'amphibole s'éloignent du grenat, elles s'élargissent, se réunissent, et forment de petites plages homogènes. Il se trouve de l'ilménite vermiculée.

Enfin le grenat est entouré quelquefois d'amphibole et de feldspath en petits grains, sans aucune structure régulière.

b) Amphibolisation. — A Saint-Philbert-de-Grandlieu, l'amphibole est le seul produit de transformation du grenat ; elle est constituée par des fibres très fines, disposées en éventail rayonnant (Pl. III, *fig.* 1), s'éteignant par secteurs ; elle possède un polychroïsme dans les tons vert bleu et vert jaunâtre, alors que l'amphibole primordiale est incolore.

Ce polychroïsme de l'amphibole de transformation se retrouve, identique, dans beaucoup d'amphiboles incluses dans le grenat ou développées à son contact immédiat.

Dans une roche du même gisement, les fibres ne sont plus en éventail, mais forment un enchevêtrement très serré toujours rectiligne, normal ou oblique à la surface du grenat, parfois parallèle. Le tout constitue une ceinture continue autour du grenat.

D'autres fois l'amphibole entoure le grenat d'une bande étroite, homogène, pénètre dans ses cassures ; là aussi, par conséquent, il faut admettre que c'est la transformation du grenat seul qui a donné l'amphibole. On peut considérer comme terme le plus évolué de cette transformation le cas où il ne reste plus que quelques

fragments de grenat englobés dans un grand cristal amphibolique.

Kélyphitoïde. — La kélyphite constitue la plus régulière des associations à structure diablastique que renferment les élogites ; les transformations qui vont être décrites aux dépens d'autres minéraux présentent une grande analogie avec elle et l'on pourrait, à la rigueur, les désigner sous le même nom ; j'estime cependant qu'en leur étendant cette dénomination on lui enlèverait de sa précision ; l'idée de grenat ayant toujours jusqu'ici été attachée au mot de kélyphite. Pour la commodité des descriptions j'emploierai le terme de *kélyphitoïde* pour désigner les associations diablastiques formées au détriment d'un minéral autre que le grenat.

Pyroxène. — La kélyphitoïde formée aux dépens du pyroxène ne constitue pas autour de lui une couronne plus ou moins régulière comme la kélyphite autour du grenat, elle semble avoir progressé par la formation de sortes de bourgeons, se développant au milieu du cristal ancien, à la façon de ceux de la myrmékite dans les feldspaths des granites et des gneiss. Il en résulte que les plages de pyroxène envahies par la kélyphitoïde se transforment en squelettes limités par des surfaces courbes concaves et séparées les unes des autres par des angles aigus.

De plus, il faut remarquer que souvent la kélyphitoïde n'entoure pas complètement l'omphazite, mais creuse sur une portion du cristal une cavité arrondie et les bourgeons qui en partent se rejoignent par leurs extrémités comme les rayons d'une sphère ; ils sont généralement assez grands pour qu'on puisse reconnaître leur nature amphibolique, tandis que les fibres très fines sur les bords rectilignes ressemblent à des moisissures.

La forme du pyroxène resté intact rappelle celle d'un feldspath des enclaves de roches volcaniques en voie de fusion ou bien encore celle d'un minéral hydraté, tel que le gypse, en voie de déshydratation sous l'influence

de la chaleur. Ces comparaisons sont d'ordre purement morphologique : le fait qui est discuté ici n'est bien entendu produit sous l'influence ni d'une fusion ni d'une déshydratation, mais il fait image aux yeux de ceux qui connaissent ces phénomènes. Si l'on pousse plus loin l'analyse, on constate que, de même que dans la kélyphite, l'association dentelliforme est constituée par un minéral coloré qui forme la trame de la dentelle et un minéral incolore, quartz ou feldspath. Mais ces éléments sont souvent si fins qu'il est difficile de préciser leur nature.

Le minéral coloré qui prédomine dans l'association est le seul, bien souvent, dont il soit possible de déterminer les propriétés optiques : deux cas se présentent, ou bien dans les bourgeons qui transforment un cristal donné de pyroxène, l'orientation de la dentelle est uniforme, ou bien chacun des divers bourgeons possède une orientation particulière.

Dans le premier cas, le minéral dentelliforme s'éteint sous le même angle que le pyroxène enveloppé, il a par conséquent la même orientation optique et n'est en quelque sorte qu'une portion finement corrodée de sa propre substance. Au point de vue morphologique, mais à ce point de vue seulement, les relations de position de cette bordure et du pyroxène central sont les mêmes que celles qui existent dans les rhyolites entre les auréoles de quartz et les phénocristaux de quartz qu'elles entourent.

Dans le deuxième cas, la dentelle est constituée soit par du pyroxène, soit par de l'amphibole. La nature pyroxénique du minéral ne peut être déterminée que par son identité de couleur et de réfringence avec le cristal corrodé, car l'absence de clivages ne permet pas de l'orienter rigoureusement. Il est probable, lorsqu'il s'agit d'une amphibole, que celle-ci résulte d'une ouralitisation du pyroxène dentelliforme, peut-être l'ouralitisation a-t-elle été précédée d'une corrosion.

Les transformations périphériques qui viennent d'être

décrites semblent être de véritables paramorphoses, dues à un nouvel arrangement moléculaire des éléments du pyroxène; elles sont en effet indépendantes de la nature des minéraux au contact desquels se trouve ce minéral: on les observe autour de deux plages de pyroxène en contact immédiat l'une avec l'autre et mon interprétation est confirmée par ce qui s'observe quelquefois lorsqu'un pyroxène en voie de transformation kélyphitique est en contact avec un grenat. Les fibres qui forment autour du pyroxène une sorte de chevelure s'arrêtent au contact du grenat et l'on ne voit plus qu'une mince bande homogène d'amphibole autour de celui-ci.

Ou bien lorsque le grenat est séparé du pyroxène par une zone fibreuse, l'amphibole de la portion kélyphitique en contact avec le pyroxène est à peine colorée, alors qu'elle devient d'un vert de plus en plus foncé à mesure qu'elle se rapproche du grenat. Il n'est pas douteux alors que celui-ci ait fourni du fer à l'amphibole, essentiellement formée aux dépens du pyroxène.

Disthène. — L'aspect de la transformation kélyphitique du *disthène* est un peu différent: l'écorce de l'enveloppe est formée de fibres très fines, implantées normalement à la surface du cristal; en raison de leur finesse, elles diffusent la lumière et il est impossible de déterminer leurs propriétés optiques: en lumière parallèle, elles s'éteignent sous des angles voisins de 45°.

Lorsqu'il est possible de trouver des endroits où les fibres sont moins serrées, on constate qu'elles sont hétérogènes et qu'il y a un fond de plagioclase basique.

Toutes les étapes se rencontrent entre les cristaux de *disthène* presque intacts et ceux dans lesquels il ne reste pour ainsi dire plus rien de celui-ci.

Zoïsité. — Dans certaines éclozites, les contours de la zoïsité sont constitués non par une ligne nette, mais par une mince frange hétérogène qu'il me semble permis aussi d'appeler kélyphitoïde, malgré l'impossibilité d'en préciser les éléments.

Mica blanc. — De même, une écorce fibreuse dont l'un des minéraux est de la biotite et l'autre du quartz entoure le mica blanc.

Dans les échantillons où l'on observe ce phénomène, on remarque qu'il est très différent de la kélyphitoïde du pyroxène; cette dernière ne renferme point de biotite (1).

Les descriptions (2) qui viennent d'être données ne relatent que des faits d'observation; elles sont indépendantes de toute hypothèse génétique. Il reste à trouver l'explication de l'origine d'une telle transformation. La discussion et la comparaison des analyses chimiques d'éclogite à structure normale et à structure diablastique montrent qu'il ne faut pas la chercher dans un changement de composition chimique.

En effet, voici comme comparaison des analyses de roches du Puy Ferrières, l'une sans ou presque sans structure paramorphique (I) et l'autre (II) presque complètement transformée.

(1) Il faut citer une roche fort singulière de la Franchie (Corrèze). Elle possède la composition et la structure suivantes, de gros grenats fortement corrodés sont distribués dans une masse amphibolique cristallitique au milieu de laquelle se détachent des taches blanches globulaires ou allongées.

L'amphibole examinée en lumière naturelle paraît constituée par de petits grains séparés, mais qui, en lumière polarisée, montrent une orientation uniforme, l'intervalle de ces grains étant rempli par du plagioclase et du quartz; souvent un de ces individus cristallitiques envoie des prolongements dans un individu de constitution semblable.

Autour du grenat, ces associations constituent une kélyphite. Les baguettes rectilignes de l'amphibole sont plus vertes. Quant aux taches blanches, elles sont formées par un agrégat des grains de quartz avec parfois au centre de petites paillettes micacées.

Quelquefois au milieu de ces agrégats de quartz se distinguent, en lumière naturelle, des traînées très fines, inclusions qui rappellent celles des feldspaths schillérisés, aussi peut-on se demander si ces taches blanches ne représentent pas la silhouette des plagioclases originels du gabbro d'où dérive l'éclogite.

Du rutile et de l'ilménite sont associés. L'ilménite envoie des prolongements dentelés.

(2) Je suis obligée d'anticiper sur la discussion des analyses chimiques.

	Raoult I	Brière II
SiO ²	47,50	47,00
Al ² O ³	17,14	17,61
Fe ² O ³	2,00	2,25
FeO	6,04	6,78
MgO	10,37	8,78
CaO	13,61	14,90
Na ² O	1,42	1,14
K ² O	0,93	0,21
TiO ²	1,03	1,00
P ² O ⁵	0,14	0,40
H ² O —	0,02	} 0,40
H ² O +	0,19	
	100,14	100,47
Densité. . .	3,36	3,01

La roche(I) est une éclogite très riche en disthène ne présentant que peu de transformation. La deuxième représente le terme ultime de la transformation diablastique; c'est donc une amphibolite dont la composition minéralogique est la suivante : un fond diablastique (amphibole et feldspath basique voisin de l'anorthite), par endroits et plus spécialement au voisinage des plages de quartz, le pyroxène remplace l'amphibole et possède le même aspect. Les vermiculisations d'amphibole s'élargissent à leurs extrémités et forment des plages de plus en plus grandes. Quelques vestiges de l'éclogite subsistent, ce sont des fragments de grenat incomplètement transformés. (Pl. II, fig. 1).

Les différences entre ces deux analyses sont très faibles, et sont de l'ordre de celles qu'on peut observer entre les analyses de deux éclogites, il existe un peu moins de magnésie un peu plus de chaux pour l'amphibolite. Il est intéressant de remarquer que la densité est sensiblement plus faible pour l'amphibolite.

IV. — MONOGRAPHIE DES ROCHES DES GISEMENTS FRANÇAIS

a) **Eclogites proprement dites**

1° BRETAGNE ET VENDÉE

a) *Loire-Inférieure*. — J'ai donné page 11 l'énumération des divers gisements d'éclogites connus dans cette région française; je vais maintenant passer en revue chacun d'eux en commençant par ceux qui se trouvent au Nord de la Loire.

AU NORD DE LA LOIRE

Camphon. — Le bourg est construit en partie sur une bande d'éclogites qui appartiennent presque toutes au type II. La roche claire aux grandes lames d'amphibole, qui sera décrite à Fay et qui existe au Cellier, à la Gagnerie du Brignan, est également la roche la plus fréquente à Camphon. Aussi peut-on penser que tous ces affleurements constituent une même bande qui se prolonge depuis le Cellier, mais qui n'affleure ou n'a été reconnue que d'une manière discontinue.

D'autres échantillons sont d'une couleur plus foncée et plus uniforme, l'amphibole forme des cristaux moins grands que dans la roche précédente et en outre elle n'est pas noire, mais verte.

Au microscope, cette éclogite se présente avec une structure fort semblable à la précédente. Les grenats, très petits et très nombreux, n'ont que rarement quelques formes géométriques; ils constituent presque toujours des grains arrondis. Il ne faut pas préciser la nature de l'amphibole: elle est tantôt légèrement teintée en brun pâle, tantôt polychroïque dans les tons très clairs, bleuâtres ou verdâtres, mais elle est optiquement négative; par conséquent ce n'est pas une pargasite. Elle se présente en grandes plages qui englobent pœcilitiquement les grenats. Le pyroxène joue parfois ce rôle, lorsque

ses dimensions atteignent celles de l'amphibole; du mica blanc et des grains de quartz se rencontrent assez fréquemment.

Le rutile est très abondant et ses dimensions sont plus grandes que dans les autres gisements, il est d'un gris violacé. Il faut signaler enfin l'existence de plages de pyrite englobant pœcilitiquement les grenats.

Il arrive qu'au milieu de ces roches, qui ne présentent pas de structure rubanée, on observe de petites zones dans lesquelles le pyroxène existe seul; il prend alors des formes allongées et s'oriente parallèlement au rubanement.

Bouvron. — Le gisement le mieux connu des éclogites est situé à la Gagnerie du Brignan, à deux kilomètres environ au Nord-Est du bourg. Celui-ci est bâti sur les micaschistes. On y rencontre aussi de beaux échantillons de minéraux dans de gros blocs de quartz blanc, qui formaient probablement des veines dans l'éclogite et les micaschistes. Ces blocs ont servi à édifier le calvaire situé à l'entrée de Bouvron. Ces minéraux sont les suivants : le rutile en cristaux de quelques centimètres de longueur, de grandes plages de disthène présentant des phénomènes de torsion; elles sont fréquemment transformées en damourite. La muscovite est abondante.

Une partie des éclogites appartient au type I; à l'œil nu, la roche apparaît d'un vert foncé un peu bleuâtre, les grenats d'un rouge brun sont petits, mais on peut distinguer leurs formes géométriques. Au microscope, on s'aperçoit que la zoïsité en grandes baguettes est très abondante; le pyroxène est très dispersif. Une particularité intéressante réside dans l'existence d'une amphibole se rapprochant de la glaucophane (1) qui remplit de fines diaclases et qui est mise en évidence quand on arrive à décoller celles-ci par un coup de marteau. Elle ne pénètre dans la roche que sur quelques millimètres à partir de la cassure.

(1) Étudiée page 35.

Dans un échantillon d'une roche très semblable, j'ai rencontré une amphibole presque incolore en lame mince, très limpide et qui suivant n_m présente une légère teinte mauve; ses teintes de polychroïsme sont encore plus pâles que celles de l'amphibole précédente.

L'épidote est un des éléments prépondérants d'une roche qui, par suite de la présence du grenat, de quelques vestiges de pyroxène non encore transformés et à cause de sa structure, doit être rapprochée des éclo-gites. Cette épidote est incolore en lumière naturelle. En lumière polarisée parallèle elle apparaît très inégalement biréfringente. Il n'est pas rare d'observer sur les bords de cristaux des teintes élevées du rouge du second ordre, tandis qu'au centre les teintes de polarisation chromatique n'atteignent que le jaune et le bleu gris du premier ordre. Cette épidote passe alors à la clinozoïsite.

Le grenat est déchiqueté et en voie de transformation en épidote ou en un mélange d'épidote et de biotite. Cette transformation s'effectue progressivement en certains endroits, il ne subsiste parfois que de petits fragments de grenat sans relation apparente entre eux et qui sont cependant les restes d'un même cristal. La biotite est très polychroïque dans les teintes brun verdâtre et jaune d'or.

L'amphibole qui constitue le fond de la roche possède un aspect très spécial, elle forme des cristaux, constitués eux-mêmes par le groupement régulier de fibres très fines, disposées parallèlement les unes aux autres, mais restant distinctes. Ces fibres subissent parfois dans leur ensemble des sortes d'ondulations résultant de torsion. Cette structure est due sans doute à un phénomène du même ordre que la kélyphite, mais l'aspect en est bien différent.

Le type II est représenté par deux variétés; l'une est l'éclogite normale, sans kélyphite, avec, comme éléments accessoires, le rutile, non plus jaune d'or comme d'ordinaire, mais d'une teinte violacée, et le mica blanc

maclé englobant pœcilitiquement le grenat, ainsi que les autres minéraux. Ce mica apparaît en lumière polarisée convergente presque uniaxe.

L'autre variété ne se distingue de la précédente que par l'existence de grandes lames de hornblende brun foncé qui, au microscope, avec l'épaisseur habituelle des préparations, est très légèrement teintée en brun clair. De même que le mica, elle est pœcilitique.

L'amphibole résultant de la transformation du pyroxène est cristallitique, et présente la même structure que dans la roche à épidote, mais au contact de deux squelettes on voit les deux individus qui s'entrecroisent former une sorte de grille.

La route qui mène de Bouvron à Fay coupe de petites lentilles d'éclogites et d'amphibolites. L'une de celles-ci affleure sur le chemin de Vilhouin. J'y ai recueilli deux variétés d'éclogite : l'une en tous points semblable à la roche décrite en premier lieu à Fay, l'autre très transformée et dans laquelle on distingue au microscope de petits grenats, quelques lames de mica et des grains de quartz au milieu d'un feutrage amphibolique.

Fay. — A Fay, les éclogites se trouvent sur la route qui mène au calvaire de la Madeleine, au sud-est du village. La butte de la Madeleine, au sommet arrondi, est vraisemblablement constituée par une masse éclogitique, les cultures ne permettent pas d'en avoir l'assurance. A droite de la chapelle, se trouve une petite carrière, d'ailleurs aux trois quarts remplie d'eau, mais sur les parois de laquelle on distingue l'éclogite et les gneiss ; ceux-ci, dont la schistosité est très visible, plongent nettement vers le nord.

Une roche fréquente à Fay, qui se retrouve aussi à Bouvron et à Campbon, appartient au type II. Elle est d'une couleur claire, d'un vert bleuâtre, les grenats sont d'un rose pâle à grain fin. Les deux minéraux ont une tendance à s'isoler en lits distincts plutôt qu'à se mélanger. Ça et là, apparaissent de grandes baguettes

noires d'amphibole qui sont abondantes, et très visibles grâce à leur couleur foncée et à leurs dimensions plus grandes que celle des autres minéraux. Il existe aussi des lits de même composition, dans lesquels abonde le mica.

Au microscope, on constate que la roche possède la structure granoblastique typique; le pyroxène est incolore. Les grenats, très abondants et petits, ont cependant des contours rectilignes et des angles vifs; ils sont englobés pœcilitiquement par les plages de mica et d'amphibole, cette dernière, incolore en lame mince, possède une bissectrice aiguë positive; ce dernier caractère en fait une *pargasite*. Le disthène s'y trouve en plages renfermant de nombreuses inclusions de nature variée. Il existe quelques grains de clinozoïsité.

Une variété de cette roche est caractérisée par la présence de belles lames vert émeraude de fuchsite qui accompagne le minéral micacé habituel.

D'autres écologites de Fay appartiennent au type I; elles sont de coloration plus foncée, parfois le mica y abonde. De même que pour le type qui a été décrit en premier lieu, la structure est granoblastique. Les grenats ont les formes caractéristiques du rhombododécaèdre; ils sont très souvent englobés dans de grandes plaques de margarite ou d'amphibole. Celle-ci est d'un vert bleuâtre ou incolore, mais en plages plus grandes que celles des autres éléments. La zoïsité est assez fréquente, toujours en baguettes allongées; elle appartient à la variété α à forte dispersion. Dans le mica, on observe fréquemment la macle suivant *m*. Comme dans les autres gisements, le rutile est constant.

Dans toutes les roches qui viennent d'être passées en revue, on remarque l'absence de structure kélyphitique.

Il faut sans doute rapprocher du type I une roche résultant probablement de la transformation de celui-ci. Elle est formée par des grenats encerclés d'une bande

d'amphibole homogène, plus bleue que celle formant la plus grande partie de la roche; sa couleur va en s'éclaircissant à mesure que le minéral s'éloigne du grenat. Dans certaines portions, la roche possède la structure normale, dans d'autres le pyroxène, dont il reste quelques lambeaux, est transformé en une amphibole à structure en grille, mais sans association avec un autre minéral. Le mica maclé, la zoïsité très dispersive α en grandes plages allongées et la clinozoïsité existent en moindre proportion.

Enfin, sur la route de Fay à Parignac a été trouvée, mais non en place, une roche d'un vert foncé au grenat très rouge répondant à la définition théorique des éclo-gites aussi bien au point de vue minéralogique que structural. Elle est en effet composée uniquement de pyroxène, de grenat et de rutile, sa structure est granoblastique sans kélyphite (1). Mais ce qui la différencie de toutes les roches précédentes, c'est la nature de son pyroxène, qui est constituée par l'omphazite jadéitique décrite page 23, et qui est à la fois plus ferrifère et plus sodique que l'omphazite ordinaire.

Les grenats, roses en lame mince, renferment une quantité exceptionnelle de fines aiguilles de rutile disséminées par traînées dans toute leur étendue, mais parfois groupées en leur centre. De petites plages d'une amphibole, polychroïque dans les tons bleu foncé et vert, sont aussi incluses dans le grenat. Il me faut signaler enfin, intercalés entre les cristaux de pyroxène quelques gros grains, sans forme géométrique, d'un minéral incolore, un peu moins réfringent que le pyroxène et très peu biréfringent. Il n'est possible de le rapprocher que de l'apatite, mais sa rareté n'a pas permis de trouver de

(1) Le pyroxène est toutefois encerclé dans quelques parties de la roche par une zone étroite diffusant la lumière.

Aux forts grossissements on observe une coloration plus intense sur les bords du pyroxène, sans doute due à une ouralitisation, à leur voisinage se trouve de petits grains d'amphibole.

plages permettant de le déterminer rigoureusement. Traversant une élogite riche en clinozoïsite se trouvent des filons de grenatite. Le grenat qui les compose est manganésifère, quelques très rares grains de quartz et de rutile lui sont seuls associés.

Saint-Mars-du-désert. — Des élogites ont déjà été signalées par Dubuisson sous le nom d'eurite diallagique à grenat au pré Herpion à l'ouest-sud-ouest du village. Dans cette localité les deux types sont représentés : le type I par une roche d'un vert jaunâtre au grenat rouge brun ; elle contient de petites paillettes micacées et de loin en loin des clivages brillants et noirs d'amphibole. L'examen microscopique n'apprend rien de plus ; la structure est normale et il n'existe ni kélyphite ni aucune transformation.

Une variété est plus compacte et l'on n'en distingue pas l'amphibole à l'œil nu, de petites traînées de pyrite sont bien apparentes par leur couleur jaune sur le fond de la roche.

Au microscope, l'amphibole apparaît assez abondante ; elle est d'un vert bleuâtre très clair. Ce caractère constitue la seule différence avec la roche précédente ; il n'existe pas de kélyphite, mais une sorte de feutrage amphibolique rappelant celui qui a été décrit à Bouvron.

Le type II est caractérisé par la petitesse des cristaux de grenat et de pyroxène. L'amphibole forme de grandes plages pœcilitiques : elle est soit d'un brun clair, soit d'un vert bleuâtre très clair aussi. Le mica blanc est maclé suivant *m*. Le rutile est jaune d'or ou gris violacé.

En outre on observe de la zoïsite qui renferme toujours de nombreuses inclusions et constitue parfois, avec l'amphibole, des associations pegmatiques.

Le Cellier. — L'extrémité méridionale de la bande du Nord de la Loire se termine par les deux gisements de la Vinatière et du Cellier, situés à un kilomètre environ l'un de l'autre. Le Cellier se trouve sur les bords du fleuve. Les élogites y sont nombreuses et variées, mais

ne s'y rencontrent qu'en blocs épars dans les champs. Les deux types de structure y sont représentés, mais souvent dans un même bloc; quelquefois dans une même plaque, il est possible de les observer côte à côte, leur distinction n'a donc qu'une valeur descriptive. Parmi les roches du premier type, les grenats ne sont pas très apparents à l'œil nu; la tonalité de la roche est verte avec de grands clivages noirs ou blancs d'amphibole ou de mica; ce n'est qu'à la loupe que l'on peut apercevoir, en regardant attentivement, les petits grains rose brun du grenat. Au microscope ils apparaissent nettement, ils ont généralement des dimensions très inégales; les plus grands ont des formes géométriques; les plus petits, évidés en leur centre, sont ceux dont il a été question page 27.

L'omphazite incolore forme de petites plages enchevêtrées les unes dans les autres, allongées suivant l'axe vertical et orientées parallèlement au rubanement. Le mica constitue de grandes lames. L'amphibole est soit incolore, soit polychroïque dans les tons vert-grisâtre et vert-jaunâtre; elle renferme des inclusions entourées d'une auréole polychroïque dont le maximum d'absorption a lieu suivant le *ng* de l'amphibole. La zoïsite β se présente en grands cristaux allongés. Tous ces minéraux englobent des cristaux ou des grains de grenat.

Il me faut signaler en outre la fréquence des macles en cœur du rutile, fort petites, mais très nettes. Ce minéral est quelquefois jaune d'or, mais souvent gris violacé.

Les écoligites du type II sont beaucoup plus nombreuses et plus variées, à la fois dans leur aspect et dans les propriétés des minéraux qui les constituent et qui d'ailleurs appartiennent aux mêmes espèces que ceux des roches précédentes. Elles sont finement grenues, à grain parfois uniforme, mais présentent dans d'autres cas des différences dans les dimensions de leurs élé-

ments constitutifs, différences qui peuvent entraîner un rubanement lorsque certains d'entre eux sont de plus grande taille et plus ou moins grossièrement alignés suivant des plans parallèles.

Les proportions relatives des deux minéraux principaux, le grenat rose et le pyroxène vert d'herbe, déterminent les variations de couleur de la roche. Une amphibole d'un vert noir en masse et parfois distribuée plus ou moins régulièrement, constitue des porphyroblastes qui se détachent nettement sur le fond plus clair du reste de la roche. Quand cette amphibole devient très abondante, l'éclogite est presque noire. Pour compléter cette description il faut signaler dans quelques échantillons l'existence du mica, parfois très abondant, et aussi des grains de pyrite.

L'examen microscopique permet de préciser les propriétés de tous ces minéraux, mais n'en accroît guère le nombre. Il montre seulement qu'il existe du quartz, du rutile et plus rarement de l'ilménite.

Il est possible de subdiviser en deux variétés de structure les roches de ce type. Dans la première, les éléments n'offrent pas de grandes différences dans leurs dimensions ; c'est là que se trouve le pyroxène vert d'eau et un peu polychroïque en lame mince, qui a été étudié pour ses propriétés particulières et qui se retrouve identique dans une roche de Fay. Il est accompagné d'une amphibole spéciale et parfois groupé à axes parallèles avec elle, mais, tandis que le pyroxène est en baguettes allongées, l'amphibole forme des plages plus larges qui moulent les grenats et parfois le pyroxène. Cette amphibole dont les teintes de polychroïsme se rapprochent de celles de la glaucophane a été décrite page 36.

A l'inverse de ce qui a lieu dans les autres éclogites, il n'existe pas de rutile, mais de l'ilménite, qui moule les grenats : ce minéral est donc de formation plus récente que le rutile.

La deuxième variété est caractérisée par la petitesse

des grenats, la grandeur des plages de mica celui-ci est particulièrement remarquable par la beauté de ses macles. Jouant le même rôle que lui par rapport au grenat, il existe un minéral à peine teinté en lumière naturelle, très réfringent, dont les teintes de polarisation avec l'épaisseur ordinaire des préparations ne dépasse pas le jaune. Il possède un allongement négatif et semble optiquement négatif, mais il n'a pas été possible d'obtenir une section rigoureusement normale à une bissectrice permettant de déterminer avec précision le signe optique. Je n'ai pu déterminer ce minéral.

Liré. — Au Sud de la Loire, mais prolongeant probablement la bande septentrionale, se trouve un gisement d'éclogite sur la route de Liré à Saint-Laurent.

La roche appartient au type II ; les grenats sont petits et nombreux, le pyroxène est déchiqueté, l'amphibole beaucoup plus rare constitue de grandes plages pœcilitiques ; elle est légèrement teintée en brun pâle, le disthène renferme de nombreuses inclusions ; ce minéral et quelquefois l'amphibole sont cerclés d'une bordure sombre.

De petites paillettes de biotite s'observent çà et là, ainsi que quelques grains d'apatite.

AU SUD DE LA LOIRE

Saint-Philbert de Grandlieu. — D'intéressants gisements d'éclogites se trouvent aux environs de Saint-Philbert de Grandlieu et notamment à la Compointrie, à Piedpain et à Chiron. Elles appartiennent toutes au type I. Dans certains échantillons, les contours du grenat sont soulignés par une bordure d'amphibole d'un vert noir qui tranche sur le fond clair de cette roche.

La Compointrie. — C'est de la Compointrie que proviennent les plus beaux échantillons d'éclogite, et ceux dans lesquels les éléments atteignent les plus grandes

dimensions ; ils sont généralement riches en disthène. Le grenat forme de gros individus ayant jusqu'à trois centimètres de diamètre ; ils sont d'un beau rouge, quelquefois translucides, mais jamais homogènes ; dépourvus de contours géométriques, ils sont mélangés au pyroxène et au disthène.

Dans certains échantillons les contours du grenat sont soulignés par une bordure d'amphibole d'un vert noir qui tranche sur le fond clair de cette roche. Cette absence de forme géométrique dans le grenat distingue cette roche de celles qui constituent d'ordinaire le type I. Le pyroxène forme le fond de la roche ; il est constitué par des plages allongées, aux clivages brillants dont la couleur varie, suivant les échantillons, du vert émeraude très éclatant, au gris verdâtre. Le disthène est bleu foncé ou incolore. Le rutile forme des grains suffisamment gros pour être visibles sur une surface polie. L'amphibole distribuée irrégulièrement se présente en grandes lamelles incolores.

Au microscope, les différences constatées à l'œil nu s'atténuent. Ces roches sont de vraies éclogites, mais leur structure n'est jamais intacte, il existe toujours soit de la kélyphite proprement dite, soit des transformations du disthène, du pyroxène, de l'amphibole en association dentelliforme, soit les deux. Les macles en cœur sont fréquentes dans le rutile.

Les minéraux sont criblés d'inclusions de pyroxène, de quartz, d'amphibole, de disthène et de rutile, ce qui leur donne l'aspect d'une écumoire. Lorsque l'amphibole existe en individus séparés, elle forme de grandes plages qui renferment parfois les lames de disthène. Le contact de ces deux minéraux n'est pas net, ils sont séparés par une zone nuageuse difficile à interpréter, même au fort grossissement.

L'écorce amphibolique qui encercle le grenat, est d'un bleu verdâtre en lame mince ; elle présente parfois cette particularité d'être homogène et de ne pas faire partie d'une kélyphite, elle est constituée alors par

des fibres ou des gerbes implantées perpendiculairement ou accolées à la surface du grenat.

Piedpain. — Au hameau de Piedpain, se dresse une butte arrondie, formée par une masse éclogitique, dans laquelle a été ouverte une carrière. On y trouve une éclogite à moins grands éléments que celle de la Compointrie, mais aussi de couleur claire.

Cette roche est traversée par des filons de quartz qui renferment des cristaux de quelques-uns des minéraux de l'éclogite atteignant plusieurs centimètres : de la zoïsité grise en masses bacillaires appartenant à la variété dispersive et du disthène bleu ; ces minéraux sont concentrés au voisinage de l'éclogite, et parfois implantés sur elle.

L'éclogite est formée par du pyroxène vert clair, du grenat encerclé d'une zone vert foncé, mais ce qui est particulier à ce gisement, c'est l'aspect soyeux et blanc de paquets de fines baguettes de zoïsité orientées de façon à donner à la roche une sorte de rubanement.

L'examen en lame mince permet de constater la structure normale du type I.

Contrairement à ce qui a lieu pour la zoïsité des filons de quartz, celle de l'éclogite appartient au type β . Ses dimensions sont plus grandes que celles du pyroxène.

Les grains de rutile ont une tendance à se grouper et leurs dimensions sont exceptionnelles, aussi peut-on facilement y distinguer les clivages prismatiques, rarement constatables dans les roches des autres gisements que j'ai étudiés.

Le disthène n'est pas constant ; il est toujours en voie de remplacement par une zone dentelliforme et souvent même réduit à un simple noyau.

Chiron. — Les éclogites de Chiron sont de couleur plus sombre que celles des deux gisements voisins, leur pyroxène et leur grenat sont plus ferrifères et par suite plus foncés. Sur la cassure de certains échantillons apparaissent des taches de pyrrhotite. De même qu'à Piedpain et à la Compointrie la roche est à grands éléments

Je ne signalerai que quelques particularités : les grenats renferment toujours des inclusions, celles-ci sont parfois distribuées régulièrement et plus grandes que d'ordinaire ; dans ce cas, la partie centrale des cristaux est occupée par de petites plages d'amphibole et de quartz qui leur constituent une sorte de noyau.

Quant à l'amphibole de couleur verdâtre en lumière naturelle, elle enveloppe tous les autres minéraux. Dans les associations dentelliformes, le quartz remplit les jours soit du pyroxène, soit de l'amphibole. C'est dans ce gisement qu'il est le plus facile d'étudier ces associations ; elles m'ont servi à la description de ce genre de structure.

A signaler enfin que certains cristaux de grenat supportent des touffes d'amphibole aciculaire dont l'extrémité libre est englobée dans des plages de quartz.

Saint-Colombin, La Limouzinière. — Les éclogites sont réparties en plusieurs points de ces deux localités. On en trouve des blocs errants dans les champs, sur la route de Saint-Colombin à Saint-Philbert de Bouaine. La carrière abandonnée du Moulin de Gilles, près de la station du chemin de fer, montre en place des amphibolites très quartzifères accompagnées d'amphibolites grenatifères n'ayant pas la structure des éclogites amphiboliques.

Sur la rive droite de La Logne, à la Maronière près de Saint-Colombin, se trouve une butte d'éclogite dans laquelle depuis 5 ou 6 ans est ouverte une carrière (carrière Cordeau). L'éclogite est interstratifiée dans un gneiss grenatifère, elle-même est légèrement rubanée. Elle est traversée par de minces veinules de calcite renfermant des grains de pyrrhotite. Il existe aussi des filons de quartz contenant des lames de mica blanc et de l'amphibole laminaire d'un gris vert ; c'est une hornblende peu ferrière et incolore en lame mince, tandis que l'amphibole de l'éclogite est d'un vert noir, bien qu'en lame mince, elle soit à peine teintée. Ses propriétés optiques en font une pargasite.

Dans cette carrière, se trouvent deux variétés d'éclogite : l'une est caractérisée par l'existence de porphyroblastes de pargasite, dans l'autre, plus compacte, l'amphibole n'est visible qu'au microscope, elle ne se trouve que comme constituant d'une structure dentelliforme.

Ces deux variétés ont comme caractères communs d'être quartzifères et d'appartenir au type I.

Les associations dentelliformes, pyroxène ou amphibole et quartz, sont très développées, surtout dans la deuxième variété, où il ne subsiste que quelques lambeaux de pyroxène. Les grenats, pas plus que la pargasite, n'ont subi aucune transformation.

Les éclogites des autres gisements des environs diffèrent peu de celles-ci. Les associations dentelliformes y occupent une place plus ou moins importante et d'une manière inversement proportionnelle le pyroxène est très abondant ou diminue.

Dans la roche de la butte de la Tour d'eau, près de Saint-Colombin, je signalerai la présence de la biotite associée au quartz sous forme de dentelle. La biotite est très rare dans les éclogites françaises, je ne l'ai d'ailleurs jamais rencontrée que sous cet aspect vermiculé, sauf à Saint-Denis la Chevasse.

Enfin certaines amphiboles de la Limouzinière présentent de très fines stries jalonnant des plans de séparation parallèles à *p* qui, on le sait, sont dus à des actions mécaniques.

Saint-Philbert-de-Bouaine. — Dans cette région, des éclogites se rencontrent sur la route de Saint-Etienne-de-Corcoué à Saint-Philbert-de-Bouaine près des hameaux suivants : les Guerches, la Gerbaudière, et, au Sud vers Rocheservières, à la Favrie et au Praud.

Les Guerches. — Je ne possède qu'un échantillon de cette localité, c'est une éclogite d'un vert sombre et d'une texture compacte : des grains de pyrite ne s'y distinguent qu'à la loupe. Au microscope, elle se rapproche beaucoup de certains types du Nord de la Loire (Fay, Pari-

gnac). Les grenats ont des contours indécis et sont plus petits que dans la majorité des roches de la bande méridionale, cependant la structure est celle du type I. L'omphazite est légèrement teintée en vert d'eau en lumière naturelle. En lumière convergente, les hyperboles sont bordées de bleu, mais la dispersion est moins accentuée que dans le pyroxène de Fay. Toutes les sections de ce pyroxène sont entourées d'une frange d'ouratilisatation ; dans les cassures où le phénomène est plus accentué, les veinules d'amphibole s'élargissent et le polychroïsme de celle-ci est très intense, bleu vert et vert jaunâtre. Les grains de rutilé sont nombreux et il se trouve aussi de petites plages de quartz.

La Gerbaudière. — L'éclogite de la Gerbaudière est extérieurement très semblable à celles qui seront décrites un peu plus loin à la Favrie, et dont les grenats sont particulièrement remarquables par la netteté de leur forme. L'amphibole, incolore en lame mince, est peu abondante. Viennent ensuite par ordre d'importance pour les minéraux accessoires : le quartz et quelques baguettes de zoïsité α . Cette roche est hétérogène ; dans certains lits, l'amphibole et la zoïsité α jouent un rôle plus important, et le pyroxène diminue au point de ne plus constituer que de petites plages.

Certaines de ces roches renferment de très belles associations dentelliformes de pyroxène et de quartz. Enfin le pyroxène disparaît parfois complètement ; il est remplacé par de la kélyphite amphibolique. La roche n'est plus alors une éclogite, mais une amphibolite diablastique.

La Favrie. — La netteté des cristaux de grenat, apparaissant en relief sur la cassure de la roche, caractérise les éclogites de la Favrie. Ces cristaux, à forme nette, ont environ 3 ou 4 millimètres et leur couleur est d'un rouge brun. Le fond de la roche est d'un gris vert sur lequel tranchent par leur couleur noire les clivages de l'amphibole qui est plus ou moins abondante suivant les échantillons et qui, d'ailleurs, par son importance

croissante, fait passer cette éclogite à une amphibolite.

Au microscope, les contours du grenat apparaissent nets, privés de toute kélyphite ou de toute autre transformation de ce genre; parfois ce minéral est rempli d'une nuée de petites aiguilles de rutilé très biréfringentes, et de quelques grains de zoïsite à forte dispersion.

Le pyroxène est l'omphazite normale. Le pyroxène présente quelques transformations en kélyphite, mais cette dernière au lieu de se développer extérieurement aux limites du cristal de pyroxène et d'en détruire les contours, progresse vers l'intérieur. Il n'existe que quelques rares plages d'amphibole.

La zoïsite est très fréquente et parfois même très abondante; elle appartient à la variété α ; elle est toujours en grandes baguettes allongées, parfois groupées parallèlement et formant des sortes de lits. Elle semble bien ici d'origine primaire; elle est quelquefois entourée d'une zone trouble en lumière naturelle, peu biréfringente, plus développée au contact du pyroxène.

L'amphibole, dont les couleurs varient du vert ou du brun les plus clairs jusqu'au vert grisâtre foncé, moule les autres minéraux. Ses proportions sont fort inégales, elle arrive à remplacer tout le pyroxène, sauf celui qui est dentelliforme.

Le rutilé est souvent d'assez grandes dimensions pour qu'on puisse distinguer ses clivages prismatiques; quand il est inclus dans l'amphibole, il détermine parfois autour de lui des auréoles polychroïques. Le quartz est relativement plus abondant que dans les éclogites des autres gisements.

Les amphibolites grenatifères se distinguent des éclogites par une teinte plus sombre. Le grenat est le même, l'amphibole appartient à la variété la plus foncée avec les teintes de polychroïsme vert brunâtre suivant n_g , brun gris suivant n_m , brun clair suivant n_p . Sa structure est un peu différente, elle constitue de grandes plages squelettiformes dont les jours sont occupés non plus par du quartz, mais par du plagioclase. Les cristaux de

rutile sont totalement ou partiellement transformés en sphène.

Le Praud. — Au Praud, situé au sud-ouest de la Favrie, la roche est d'un gris vert avec grenats roses et quelques lames d'amphibole d'un vert noir. Au microscope, les grenats montrent des formes géométriques. L'omphazite est très abondante, alors que les éléments accessoires le sont peu. L'amphibole est polychroïque dans les tons vert jaunâtre. Je citerai enfin quelques grandes baguettes de zoïsite peu dispersive et du quartz.

La Chevrottière. — La Chevrottière possède trois types de roches, tous trois très sombres, qu'il y a lieu de distinguer les uns des autres, à savoir :

1° Des éclogites proprement dites;

2° Des amphibolites;

3° Des roches qui forment le passage entre les deux premières catégories.

Les éclogites appartiennent au type I. Le grenat a des contours rectilignes; il renferme des inclusions de quartz, de rutile et d'amphibole. En lumière naturelle, le pyroxène est coloré en vert d'eau, comme celui de Fay et du Cellier, et légèrement polychroïque. En général ses plages sont bordées par une zone nuageuse de fibres très fines dont il est difficile de préciser la nature et qui sont implantées perpendiculairement à leur surface. Il existe en très petite quantité une amphibole polychroïque dans les tons verts jaunâtres et brunâtres; elle forme d'assez grandes plages qui moulent le grenat.

Les éclogites passant aux amphibolites diffèrent des éclogites en ce qu'elles ne renferment pas de pyroxène en plages homogènes, mais seulement à l'état de dentelle associée à l'amphibole et à du quartz interstitiel. L'amphibole en grandes plages appartient au même type que celle de l'éclogite; elle enveloppe non seulement quelques grains de grenat, mais tout le pyroxène dentelliforme.

Saint-Denis-la-Chevasse. — Le bourg de Saint-Denis-

la-Chevasse dépend de la Vendée ; il est construit sur une lentille d'éclogite et d'amphibolite accolée au flanc d'un massif de gneiss granulitique. Les échantillons étudiés proviennent d'une carrière (abandonnée et remplie d'eau lors de ma visite en 1918) située non loin du cimetière. Sur la portion du front de taille qui n'est pas recouverte par la végétation, on aperçoit des filons blancs d'une pegmatite (quartz et plagioclase), plongeant vers le nord-ouest. A l'une des extrémités de la carrière, la roche est très décomposée et s'effrite au moindre choc, mettant ainsi en liberté des grenats dont les dimensions atteignent 1 ou 2 centimètres et présentent la forme du rhombododécaèdre.

Les éclogites de Saint-Denis-la-Chevasse appartiennent au type I. Les grenats sont de grande taille, mais ne présentent que rarement des contours rectilignes dans les lames minces, sauf dans le cas qui vient d'être cité. Ces roches sont de couleur claire ; le pyroxène est d'un beau vert et le grenat rose ; la fréquence d'un minéral micacé et du disthène aux clivages éclatants contribue à donner une teinte plus pâle à la roche.

L'omphazite est très prédominante ; elle présente souvent des macles secondaires suivant les plans de séparation basiques qui se manifestent en lames minces par des stries parallèles très fines. Les clivages prismatiques du rutile s'observent sur la plupart des grains, qui sont particulièrement abondants. Le disthène est fréquemment maclé et lorsqu'il est possible de déterminer la nature de cette macle, on s'aperçoit qu'elle a pour axe de rotation l'arête ph^1 . Les sections sont toujours entourées d'une mince auréole kélyphitique très fine.

Le mica blanc, maclé suivant m , est comme rongé par de fines vermiculisations de biotite encerclant de petits grains d'un minéral incolore (quartz ou albite). La zoisite dont les propriétés sont données page 39, est presque constante ; elle prend parfois un grand développement et, au lieu de constituer des baguettes, elle affecte une forme exceptionnelle pour ce minéral, mais

fréquente dans l'amphibole, celle de grandes plages moulant les autres éléments et englobant pœcilitiquement des grenats et parfois aussi des grains de rutilé maclés, et du quartz. J'ai rencontré aussi quelques grains d'apatite.

Il est intéressant de signaler que ces élogites sont souvent traversées par des diaclases qui fracturent les différents minéraux, et l'on peut observer sur leurs bords des associations vermiculées d'amphibole et de quartz.

L'une des particularités caractéristiques de ce gisement, consiste en ce que les élogites passent fréquemment à des roches de même structure dans lesquelles l'un des éléments accessoires, tantôt la zoïsite, tantôt l'amphibole, plus rarement le quartz, prend un développement considérable au détriment des autres. C'est ainsi que j'ai rencontré des associations de zoïsite β et de mica blanc ou de quartz et de mica blanc. Elles constituent aussi soit des taches, soit des lits dans la roche normale.

J'ai aussi remarqué une autre roche exceptionnelle, c'est une élogite amphibolitisée dont l'amphibole est une hornblende avec les teintes de polychroïsme suivantes : d'un vert jaunâtre suivant n_g , brun suivant n_m et jaune suivant n_p . Cette amphibole forme, avec de l'albite, des associations vermiculées de même apparence que dans les autres élogites, mais avec cette particularité que les dimensions des deux minéraux constitutifs sont beaucoup plus grandes que d'ordinaire; ils donnent l'impression, quand on les examine en lame mince, d'une kélyphite normale vue à un énorme grossissement. Cette roche est intéressante en ce qu'elle permet d'interpréter ces formations souvent si difficiles à déchiffrer. En outre, il existe de la biotite, tantôt en lamelles englobées dans la hornblende, tantôt constituant des vermiculisations au milieu d'une plage d'albite, occupant elle-même le centre d'un cristal de grenat.

Résumé sur les éclogites de Bretagne et de Vendée

On a déjà vu que par leur distribution géologique et la direction constante de leurs affleurements les éclogites peuvent être considérées comme formant deux bandes continues, l'une au nord de la Loire et l'autre au sud, celle-ci se prolongeant jusqu'en Vendée.

Les éclogites de la bande septentrionale présentent une plus grande variété que celles du sud de la Loire, aussi bien au point de vue de la structure que de la composition minéralogique.

A Fay, un type d'éclogite correspond à la définition théorique d'Haüy; il est composé uniquement de grenat, de pyroxène, avec un peu de rutile et de quartz, mais il n'en est pas toujours ainsi, la composition se complique souvent par l'apparition d'amphibole (pargasite ou hornblende normale), de zoïsité et principalement de zoïsité α , d'un minéral micacé remarquable par la constance et la beauté de ses macles polysynthétiques. Plus exceptionnelle est la glaucophane qui se rencontre à la Gagnerie du Brignan et au Cellier.

Au sud de la Loire, la zoïsité et le disthène sont très fréquents et fort abondants. Une roche semblable à celle de Fay se rencontre aux Guerches. En moyenne, les éléments des éclogites sont de plus grandes dimensions qu'au nord de la Loire. Les roches présentant le plus gros grain se trouvent sont celles de Saint-Philbert-de-Grandlieu.

Toutes les roches de la bande méridionale appartiennent au type I. Lorsque le grenat est en grands cristaux, il n'a pas de formes géométriques et il englobe les autres éléments. Les transformations kélyphitiques sont particulièrement développées et très variées, de plus le passage aux amphibolites par développement progressif de l'amphibole est fréquent.

La structure du type II à petits grenats accompagnés de grandes lames porphyroblastiques d'amphibole et de mica, est caractéristique de la bande septentrionale; toutefois, dans presque tous les gisements, ce type est accompagné par le type I, quelquefois même il est possible d'observer leur réunion dans l'étendue d'une même plaque.

2° CORRÈZE

Les éclogites de la Corrèze se trouvent dans la région représentée par la partie orientale de la feuille de Tulle. Elles forment avec les amphibolites, auxquelles elles sont étroitement liées, des bandes allongées, orientées NW. SE. de même que les gneiss et les micaschistes au milieu desquelles elles sont intercalées.

Les gisements que j'ai vus sont ceux de Moussours (près d'Uzerche), du Puy Ferrières, le plus important de tous, de Boissinet (près du Lonzac), de la Franchie (près Perpézac) et de la Graulière.

M. Mouret et M. Puyaubert m'ont remis des échantillons provenant du Moulin de Benayes, de Lavergne et de Chanteloubes, ces trois gisements situés au nord de la carte, et de Vernijoux au sud d'Uzerche.

Toute cette région est couverte par la végétation et nulle part je n'ai pu observer de coupe intéressant les éclogites. Les roches qui nous occupent ne sont généralement pas visibles en place; elles forment au milieu des champs des blocs émergeant du sol; ces blocs sont le plus souvent arrondis par l'altération atmosphérique. Les paysans rassemblent les plus petits pour en faire des murs de clôture.

L'examen microscopique ne montre pas une aussi grande variété de types que dans la Loire-Inférieure.

Les éclogites de Moussours sont à grain fin d'un gris vert, ponctué de rose.

A la Franchie et au Puy Ferrières existent deux roches à grain moyen très analogues d'aspect. Le grenat rosé

se distingue très nettement de la pâte d'un gris verdâtre ; il est plus gros que dans les roches précédentes. La cassure de la roche présente de nombreuses lamelles cristallines au Puy Ferrières, alors que la texture est surtout compacte à la Franchie.

D'autres types se rencontrent au Puy Ferrières : dans l'un, à plus grands éléments, le grenat est cerclé d'une zone vert foncé de kélyphite amphibolique, la pâte pyroxénique présente un aspect fibreux, la cassure de la roche est inégale et raboteuse. L'autre variété, à grain plus fin et uniforme, ressemble à la roche de Mous-sours, avec cette différence que le pyroxène est vert foncé et le grenat plus rouge.

Au Moulin de Benayes et à Lavergne, l'éclogite est quartzifère, ce qui la rend plus claire ; les petites baguettes de disthène sont d'un bleu vif, ce qui permet de les apercevoir facilement à l'œil nu ; l'amphibole se présente en lamelles d'un brun clair. Les petits grains de rutil ne sont plus brun jaune, mais rouge vif.

En général, les grenats de ces éclogites ont des contours irréguliers, ils font corps avec le reste de la roche, de telle sorte qu'il est difficile de les en extraire ; cependant il existe çà et là des échantillons dans lesquels des rhombododécaèdres de ce minéral peuvent être isolés par le choc, surtout lorsque les blocs ont subi l'action des agents atmosphériques. Les différences qui existent entre ces diverses roches sont moins apparentes à l'examen microscopique. Cet examen met en évidence la fréquence et l'abondance du disthène qui n'est visible à l'œil nu que d'une manière exceptionnelle.

Toutes ces roches appartiennent au premier type de structure, sauf celles du Moulin de Benayes qui, dans un même échantillon, offrent en outre la structure II si fréquente au nord de la Loire.

Elles présentent toutes de la kélyphite et des kélyphitoïdes ; souvent la transformation du pyroxène est complète, une partie du grenat et du disthène existant encore. La roche de Moussours est celle de toute la

région dans laquelle les éléments normaux de l'éclogite sont le moins atteints.

L'amphibole est constante, parfois incolore en lame mince; elle présente parfois un polychroïsme assez intense dans les tons bleu verdâtre, vert jaunâtre et jaune pâle. Le type foncé, à grain fin, du Puy Ferrières renferme un pyroxène vert d'eau en lame mince et à forte dispersion.

Les associations kélyphitiques y sont très variées et très fréquentes; elles ont été étudiées au chapitre traitant de ces transformations.

Vernijoux. — A Vernijoux, les éclogites forment de gros blocs. Leur périphérie est d'un vert foncé; les grenats ont disparu, mais il est possible de retrouver la place qu'ils ont occupée; elle est marquée par une tache d'un vert noir. A mesure que l'on va vers le centre, la roche s'éclaircit, devient d'un gris vert et le grenat apparaît sous forme de petits noyaux qui augmentent de grandeur. La texture est compacte comme dans les roches très kélyphitisées; ce caractère pressenti à l'examen macroscopique, se vérifie par l'étude des plaques minces. En effet, seul des minéraux normaux, le grenat entouré d'une kélyphite implantée normalement à sa surface subsiste encore; il existe aussi de l'amphibole polychroïque, colorée en brun pâle dont la coloration est plus intense à l'entour du rutile et de l'ilménite.

On voit, en résumé, que la caractéristique des éclogites de la Corrèze, quand on les compare à celles de la Loire-Inférieure, consiste dans l'absence de zoïsite et de mica.

3° PUY-DE-DÔME

Côte de la Pinatellé, près Ardes. — L'existence au laboratoire de Minéralogie du Muséum d'un échantillon provenant de la côte de la Pinatelle près d'Ardes, dans le Puy-de-Dôme, m'a conduit à faire rechercher le gise-

ment qui a pu être retrouvé par MM. Patriarche et Paul Gautier. C'est une lentille d'éclogite au milieu de divers types d'amphibolites grenatifères.

Au microscope, cette roche est tout à fait comparable à certains types du Puy Ferrières, les grenats fissurés sont encerclés par une kélyphite qui pénètre dans leurs cassures : cette kélyphite, à sa partie extérieure, se prolonge en une mince bande d'amphibole continue, et l'ensemble s'éteint simultanément. La majeure partie de la préparation est occupée par des kélyphitoïdes extrêmement fines, présentant des extinctions uniformes par plages, mais roulantes dans l'ensemble, sans qu'il soit possible d'obtenir de précision sur leur structure, mais, de même que la kélyphite, chacune de ces plages, qui correspond à un seul cristal disparu, est bordée par une zone limpide d'amphibole s'éteignant en même temps que la région dentelliforme. Cette observation permet de penser qu'elle aussi est amphibolique. Quelques échantillons renferment encore de petits lambeaux de pyroxène.

Il me reste à signaler l'existence entre les minéraux précédents de plages constituées par un fouillis de petites paillettes de damourite, au centre desquelles il existe encore parfois un noyau du minéral originel. L'allongement de celui-ci est positif. En lumière convergente on constate qu'il est biaxe, à axes rapprochés et optiquement positif, le plan des axes est transversal à l'allongement ; peut-être s'agit-il là de zoisite β , mais le minéral est si petit qu'il n'est guère possible d'affirmer cette détermination.

Certaines variétés d'éclogite sont très quartzifères : de gros grains de quartz forment des îlots rappelant par leur disposition les vacuoles des roches spilitiques.

4° AVEYRON

Dournets (Arviu). — J'ai étudié deux roches provenant de ce gisement. L'une me paraît être une éclogite am-

phibolisée dans laquelle il n'existe plus de grandes plages de pyroxène. Son aspect extérieur est celui d'une éclogite à fond gris vert foncé avec des grenats rouges.

La roche est composée des éléments suivants : *grenat* d'assez grandes dimensions, mais sans forme géométrique, *zoïsité* très dispersive (certaines sections ne présentent pas d'extinction, mais les teintes bleues et cuivrées si caractéristiques des minéraux à axes très dispersés). Elle est très abondante ; par contre le *disthène* y est beaucoup plus rare. Les cristaux d'*apatite* sont plus grands et plus abondants que dans la plupart des éclogites. Le rutil est réparti dans toute la roche ; lorsqu'il est inclus dans l'amphibole, ses grains sont encerclés d'une couronne quartzeuse. Quant à l'amphibole en grandes plages qui forme la majeure partie de la roche, elle est d'un vert bleuâtre assez clair.

Il semble, en comparant la structure de cette roche avec celle de certaines éclogites, qu'elle résulte de leur transformation. L'amphibole a dû se former aux dépens d'un agrégat dentelliforme de pyroxène et de quartz. Ces deux minéraux enchevêtrés existent encore au centre de quelques plages d'amphibole.

Le second échantillon est une pyroxénite amphibolique et grenatifère ; elle renferme du quartz et un feldspath voisin de l'oligoclase. Sa structure rappelle celle des cornéennes de contact du granite. L'examen microscopique révèle en outre l'existence d'une petite quantité d'*apatite* et de biotite ; celle-ci présente une disposition intéressante, elle forme des plages déchiquetées entourant la muscovite et orientées sur elle, de telle sorte qu'elle semble formée à ses dépens. J'ai rencontré déjà plusieurs exemples d'une association de ce genre.

Il faut remarquer d'ailleurs que cette roche est assez hétérogène. Il existe des portions constituées, ainsi qu'il vient d'être dit, de quartz et de biotite dans lesquelles ce dernier minéral présente la structure de la biotite des schistes micacés des contacts du granite, c'est-à-dire

que les lamelles entourent les grains de quartz qui, dans les plaques minces, nous apparaissent sous forme de taches limpides semblant comme taillées à l'emporte-pièce dans le mica de couleur foncée.

Au milieu de cette roche sont intercalées de grandes lames de muscovite et aussi des lentilles de quartz renfermant du grenat et des lames de disthène orientées suivant le rubanement de la roche.

5° ALPES

Lac Cornu (Aiguilles rouges) Aiguille de Fleuriaz. — M. Le Roux, directeur du Musée d'Annecy, a bien voulu me communiquer deux petits échantillons d'éclogites appartenant à la collection de ce Musée. L'une provient de l'Aiguille de la Fleuriaz (massif du Mont-Blanc), l'autre du lac Cornu (Aiguilles Rouges).

Dans ces deux roches, présentant les mêmes caractères, le grenat, à peine rosé, et le rutile intimement associé à l'ilménite sont englobés dans un fouillis kélyphitique. L'intérêt de ces roches réside en ce que, dans une même plaque, s'observent des associations denteliformes de grandeur extrêmement variable, depuis des éléments très fins dont il est impossible de déterminer directement la nature, jusqu'à de grandes plages d'amphibole ; celles-ci se trouvent surtout au voisinage du grenat, elles forment avec le quartz une structure pegmatitique. Dans l'éclogite du lac Cornu le pyroxène remplace parfois l'amphibole. (Pl. IV, fig. 1).

Dans l'éclogite de l'Aiguille de la Fleuriaz, il reste quelques rares plages de pyroxène primordial, légèrement teinté en vert d'eau. Les très fines vermiculisations des plages s'élargissent sur les bords pour former un cadre continu et homogène d'amphibole ou de pyroxène, et s'éteignent ensemble, alors que les grains de quartz emprisonnés dans les mailles du réseau amphibolique ou pyroxénique restent éclairés.

Ces roches ne sont pas, ou plutôt ne sont plus des

éclogites, le pyroxène ayant presque complètement disparu. Aussi n'est-ce que par les vestiges du pyroxène primordial, par la structure de l'amphibole, par l'analogie avec quelques-uns des phénomènes décrits plus haut dans certaines éclogites qu'il est permis de penser qu'elles ne sont qu'un stade très évolué de la transformation de ces roches.

Les éclogites des Alpes françaises ont fait l'objet d'un certain nombre de travaux dont le résumé a été donné p. 7 et 14, ils sont suffisamment développés pour qu'il soit inutile d'y revenir.

MADAGASCAR

M. A. Lacroix a bien voulu me confier l'étude d'une éclogite provenant d'une prospection effectuée, il y a quelques années, sur un gisement aurifère situé sur les hauts plateaux aux environs de Miandrarivo, au Sud du lac Itasy.

L'aspect extérieur est analogue à celui des éclogites de la Loire-Inférieure. Sur un fond de grenat rosé, d'omphazite vert d'herbe, se détachent quelques aiguilles d'amphibole d'un vert foncé et, çà et là, des traînées de rutile, de pyrite et de quartz. Les minéraux essentiels ont une tendance à s'isoler en lits distincts.

L'examen au microscope révèle en outre l'existence de la clinozoïsité très abondante et de quelques rares lames de mica maclé suivant *m*. La structure est granoblastique : le pyroxène, légèrement teinté en vert d'eau, a des formes moins allongées que de coutume. L'amphibole encerclant le grenat ou formant des inclusions présente les teintes suivantes de polychroïsme :

bleu vert	suyant n_g
verdâtre	— n_m
jaune très pâle	— n_p

Roches glaucophaniques apparentées aux élogites

On vient de voir d'après ce qui précède que je considère comme élogites seulement les roches constituées par du grenat et par un pyroxène spécial, l'omphazite. J'ai trouvé dans des collections provenant de régions éloignées les unes des autres, des roches présentant cette même association minéralogique, mais avec l'adjonction d'une quantité si considérable d'autres minéraux, que ces roches ne peuvent plus être considérées comme de véritables élogites (1), il n'est cependant pas douteux qu'elles doivent en être rapprochées. Tantôt le minéral prédominant est de la glaucophane, tantôt la glaucophane est associée à de la muscovite et à de l'épidote. Enfin dans un seul gisement, en Nouvelle-Calédonie, ce minéral est une chlorite, mais il n'est pas sans intérêt de remarquer que la roche en question est intercalée au milieu de glaucophanites.

Il faut noter qu'aucune de ces roches ne présente de véritables transformations kélyphitiques. Je vais passer brièvement en revue ces différents types pétrographiques.

GROIX

L'île de Groix est essentiellement constituée par des micaschistes souvent grenatifères, célèbres par leurs intercalations de roches à glaucophane (2). La glaucophane peut être soit un accident minéralogique peu important de l'un quelconque des types cristallins de l'île, soit un élément essentiel de plusieurs d'entre eux. Associée à l'épidote, elle forme des roches schisteuses qui, suivant la nature du minéral prédominant doivent

(1) Plusieurs auteurs ont désigné sous le nom d'élogite des roches uniquement formées de grenat et de glaucophane qui ne sont en réalité que des *glaucophanites grenatifères*.

(2) Ch. Barrois. — *Bull. Soc. Min.*, t. VI, 289, 1883 et *Ann. Soc. géol., Nord*, XI, 19, 1883.

être considérées comme des *épidotites* ou des *glaucophanites*. Ces deux types alternent parfois en lits parallèles au milieu desquels se trouvent fréquemment des amandes, essentiellement constituées par de la glaucophane à plus grands éléments associée à de la muscovite (Pointe des Chats) ; ce sont elles qui fournissent les échantillons de collection dans lesquels des prismes de glaucophane d'un bleu noir ont jusqu'à 2 centimètres suivant l'axe vertical. Ces roches contiennent généralement du grenat almandin, souvent de la muscovite, du sphène, du quartz et parfois des chlorites.

Localement (P^{re} des Chats) la série schisteuse de Groix renferme soit des petits filons, soit des amandes à grands éléments, constitués par de l'albite et du quartz, parfois par de l'albite seule ; il y existe des cavités drusiques atteignant de grandes dimensions, d'ordinaire remplies par du *clinochlore* écaillé, présentant l'aspect habituel de la ripidolite, mais les propriétés optiques (bissectrice aiguë positive, biréfringence plus grande) ne laissent pas de doute sur son identité. Ces amas chloriteux renferment çà et là des octaèdres de magnétite et les jolis cristaux d'albite, transparents, à facies anormal décrit jadis par M. A. Lacroix (1).

Au milieu des micaschistes se rencontrent des parties à grands éléments (veinules ou amandes) constituées par de la muscovite, une chlorite du groupe de la pennine, du quartz, de l'hématite et enfin de gros cristaux de chloritoïde (Port Melin), surtout localisés dans les parties quartzeuses. Ces amandes de quartz à chloritoïde sont l'équivalent des veines de quartz à disthène des gisements d'éclogite décrits plus haut.

Au contact de ces filons d'albite, les roches cristallines qu'elles qu'elles soient : micaschistes, *épidotites*.... sont imprégnées de grandes plages d'albite qui englobent poëcilitiquement tous leurs minéraux ; c'est un phénomène de métamorphisme *par imbibition*, comparable à

(1) *Minéralogie de la France*, t. II, p. 154.

celui qui s'observe au contact du granite, avec cette différence qu'ici, il ne s'agit pas d'imprégnations par des fluides magmatiques, mais d'imprégnations par circulation aqueuse. On ne peut appeler ces roches albitisées des *gneiss à albite*, car elles ne renferment généralement pas de quartz.

Je me propose de faire ultérieurement l'étude chimique et minéralogique de tout cet ensemble que j'ai étudié sur place, mais, dès à présent, je voudrais appeler l'attention sur un type pétrographique remarquable qui établit le passage entre certaines de ces glaucophanites à grenat et les *éclogites* formant le sujet de mon travail. Il s'agit d'une roche d'un bleu noir renfermant des rhombododécaèdres ou des grains rouges de grenat ; elle rappelle les glaucophanites communes, mais, à l'inverse de celles-ci, sa texture est plutôt rubanée que schisteuse.

L'examen microscopique y montre, en outre de l'almandin et de la glaucophane (se transformant en une amphibole vert foncé presque uniaxe) qui viennent d'être signalés, de l'épidote, du pyroxène vert d'eau en lame mince, identique à celui de Fay, du sphène, et une très petite quantité de quartz. Les phénoblastes de grenat enveloppent pœcilitiquement l'épidote et beaucoup plus de sphène qu'il n'en existe dans les autres parties de la roche. L'épidote en grains et en baguettes et la glaucophane, d'un bleu extrêmement pâle en lame mince, sont orientées et déterminent le rubanement de la roche ; par contre, le pyroxène, en baguettes allongées suivant l'axe vertical et en cristaux plus grands que la glaucophane, est quelquefois disposé obliquement au rubanement. Cette roche est d'ailleurs assez hétérogène et chacun des trois minéraux, pyroxène, glaucophane, épidote, peut former des concentrations locales.

Au point de vue de l'interprétation, cette roche n'est pas assez riche en pyroxène pour qu'elle puisse être considérée comme une *éclogite*, puisque dans tout ce

qui précède, j'ai toujours admis que la caractéristique de cette roche consistait dans la prédominance du pyroxène parmi les métasilicates, mais elle constitue une évolution vers l'éclogite. Je l'ai trouvée dans la petite anse du Grippe voisine du bourg.

Cette observation est l'inverse de celle qui a été faite à Bouvron, où dans une véritable éclogite, la glaucophane joue le même rôle accessoire que le pyroxène dans la glaucophanite qui vient d'être décrite. La discussion de la composition chimique de ce pyroxène (voir p. 24) a permis de montrer qu'il est caractérisé par une grande richesse en molécules de jadéite; il n'est par suite pas sans intérêt de rappeler que M. Ktenas a rencontré (1) une *jadéitite* au milieu des glaucophanites de l'île de Syra. La plaque mince de ce pyroxène, qu'il a bien voulu me communiquer, montre que ce minéral ne diffère pas de celui dont il est question ici.

Ce pyroxène doit être assez abondant à Groix, car, en examinant des sables d'une petite plage du Grippe (dont les falaises sont formées par la glaucophanite pyroxénique grenatifère décrite plus haut), j'en ai trouvé des lames de clivage (*m*) mélangées à de la glaucophane, de la magnétite et du grenat; ces lames s'éteignent sous un angle d'environ 20°, ce qui confirme leur diagnostic.

Enfin j'ai rencontré, toujours sur une des petites plages du Grippe, mais non en place, un galet qui répond véritablement à la définition de l'éclogite. Il est d'un vert foncé, les grenats rouges sont très abondants et, quoique petits, ont des formes cristallines bien déterminées; des taches d'un vert pistache sont constituées par l'épidote.

Au microscope le pyroxène est d'un beau vert, il possède une dispersion sensible. Sa couleur est plus

(1) Die Einlagerungen im krystallinen Gebirge der Kykladen auf Syra und Sifnos Ts'chermak's. *Min. Petr. Mitt. (N. F.)* 26. 1907 257. 320 mit 1 Taf. et aussi formation de la jadéite, et les provinces minéralogiques sodiques dans les schistes cristallins. *Comptes Rendus*, Paris, t. 147, 1908. 254-256.

intense, c'est le seul caractère qui ne soit pas identique à ceux du pyroxène de Fay. L'amphibole est rare, en petites plages allongées et semble être un produit d'ouratilisatation, encore ses petites plages sont-elles hétérogènes, le centre est de la glaucophane, la périphérie est une amphibole polychroïque dans les tons bleu foncé, bleu vert. L'extinction n'est pas simultanée pour les deux variétés d'amphibole du même cristal. Par places la roche passe à une véritable épidotite.

La collection du Muséum renferme une glaucophanite grenatifère de Syra (Archipel), qui est apparentée aux jadéitites et se rapproche des glaucophanites de Groix.

Cette roche est essentiellement constituée par de la glaucophane, beaucoup de sphène secondaire (épigénie de l'ilménite), du grenat (se transformant en chlorite) localement imprégné d'albite ou de quartz, du rutile, de la muscovite et enfin de très grands cristaux de pyroxène dont la formation est à la fois postérieure à la muscovite et à la glaucophane.

CORSE

J'ai recherché parmi les roches à glaucophane de la collection du Muséum s'il ne s'y trouvait pas de roches analogues à celle de l'île de Groix dont il vient d'être question. Mon attention s'est arrêtée sur l'une d'elles, recueillie par M. Nentien au col situé entre Rutali et Campitello; c'est une glaucophanite à grain fin dépourvue de schistosité, dans laquelle, à la loupe, on ne distingue guère que la glaucophane. En lame mince, on voit des petits cristaux de grenat peu nombreux, distribués au milieu de plages allongées et pressées les unes contre les autres de glaucophane d'un bleu lavande foncé. Il existe de nombreuses traînées de sphène résultant de la transformation d'ilménite et aussi des paillettes de mica formées aux dépens du grenat. A ces

éléments, il faut ajouter des cristaux de pyroxène beaucoup plus grands que ceux de la glaucophane et se groupant parfois en paquets. Ce pyroxène est postérieur au grenat ou bien forme avec lui des interpénétrations. Sa couleur est d'un très beau vert.

Bien que n'ayant pas rigoureusement la même composition, cette roche prête aux mêmes considérations que celle de Groix.

• NOUVELLE-CALÉDONIE

La Nouvelle-Calédonie est remarquable par l'abondance des roches à glaucophane au milieu des micaschistes qui constituent l'extrémité nord-ouest de l'île.

De même qu'à l'île de Groix, la glaucophane entre comme élément accessoire dans les micaschistes et aussi dans les quartzites. Elle constitue surtout des glaucophanites et M. A. Lacroix a montré (1) que certaines de celles-ci, contenant parfois de la lawsonite, résultent de la transformation de gabbros.

En étudiant une série de ces roches de la vallée du Diahot appartenant à la collection du Muséum, j'ai rencontré un type pétrographique qui prouve que des roches éclogitiques sont, là aussi, associées aux glaucophanites. Il s'agit d'une roche, d'un vert sombre, beaucoup moins riche en grenat que les éclogites décrites au cours de ce travail. On y distingue des paillettes d'une chlorite ayant exactement les mêmes couleurs que le pyroxène. En lame mince, on constate que cette chlorite, dont les traces du clivage basique est de signe négatif, doit être rapprochée par sa biréfringence du groupe de la pennine, plutôt que de celui du clinocllore; sa composition chimique mériterait d'être tirée au clair. Le pyroxène, d'un vert pâle, a les mêmes propriétés que celui de Fay. Il existe aussi du rutilé et de l'ilménite en-

(1) *Bull. Soc. franç. minér.*, XX, 310, 1897.

cerclés de sphène secondaire, un peu d'épidote et de muscovite.

La structure de cette roche est celle de l'éclogite normale dépourvue de transformation kélyphitique. La chlorite est de formation postérieure aux autres minéraux et quand le pyroxène est englobé par elle, il présente des formes nettes. En définitive, cette roche est une pyroxénite passant à l'éclogite.

V. — COMPOSITION CHIMIQUE

La composition minéralogique et structurelle des éclogites françaises étant établie, il reste à étudier leur composition chimique. Les analyses suivantes ont été faites soit par moi-même, soit par M. Raoult. L'attaque a été effectuée par le carbonate de sodium et l'analyse conduite suivant les méthodes recommandées par M. Washington (1), les alcalis ont été dosés par la méthode Lawrence Smith.

Je me suis attachée à obtenir une analyse de tous les types les plus caractéristiques, de ceux ne présentant que des éléments essentiels, ainsi que de ceux contenant les éléments accessoires les plus différents et provenant des divers gisements (2).

(1) *Manual of the chemical analysis of rocks*, New-York, 1919.

(1) La poudre est attaquée par CO^3Na^2 , le produit est dissous dans HCl dilué, évaporé à sec au bain-marie. La précipitation du fer, de l'alumine, du titane et de l'acide phosphorique est faite par l'acétate de sodium dans une liqueur neutre. Puis le précipité est redissous avec le filtre dans l'acide azotique et reprécipité par l'ammoniaque. M. Washington déconseille la précipitation par l'acétate de sodium, mais ces roches étant très basiques il y a ici un avantage à l'employer avec, comme correctif, une deuxième précipitation par l'ammoniaque et l'évaporation à sec des premières liqueurs filtrées. La chaux est précipitée par l'oxalate d'ammoniaque, redissoute dans l'acide chlorhydrique et reprécipitée.

La magnésie est pesée à l'état de pyrophosphate.

La réduction du fer est obtenue soit par l'hydrogène sulfuré, soit par le zinc en laissant ce dernier au moins quarante huit heures,

Je rappelle sommairement la composition minéralogique de chacune des roches analysées (1) :

1° Le Cellier : pyroxène (vert), grenat, amphibole (violacée), ilménite, quartz ;

2° Fay : pyroxène (vert), grenat, rutil, faible quantité d'apatite, quartz ;

3° Le Cellier : pyroxène, grenat, rutil, pyrite, un peu de mica blanc ;

4° Le Cellier : pyroxène, grenat, mica blanc, rutil ;

5° Puy Ferrières : pyroxène vert, grenat, amphibole, kélyphite très développée, quartz ;

6° Saint-Denis la Chevasse : pyroxène, grenat, disthène, zoïsité, mica blanc, rutil ;

7° Puy Ferrières : pyroxène, grenat, beaucoup de *disthène*, amphibole, rutil ; structure kélyphitique ;

8° La Favrie : pyroxène, grenat, amphibole, beaucoup de *zoïsité*, un peu de disthène ;

9° Les Guerches : pyroxène, grenat, rutil, quartz, un peu de kélyphite ;

le titane se précipite et par conséquent n'intervient point dans la décoloration du permanganate de potassium. Ce renseignement m'a été donné par M. Pisani.

Le titane est dosé colorimétriquement.

L'acide phosphorique est précipité à l'état de phosphomolybdate.

La séparation de la potasse et de la soude a été faite au moyen soit du chlorure de platine, soit de l'acide perchlorique.

Dans le dosage de l'oxyde ferreux, il est bon d'insister sur la difficulté avec laquelle le grenat est attaqué par le mélange d'acide fluorhydrique et de quelques gouttes d'acide sulfurique. Aussi est-il nécessaire de prendre certaines précautions ; c'est avec un soin tout spécial qu'il faut pulvériser la roche grenatifère afin d'obtenir un poudre extrêmement fine et pendant ce long broyage la matière doit être humectée d'alcool absolu afin d'éviter l'oxydation du fer. Pour faire l'attaque, je préfère ne prendre que 0 gr. 250 de la poudre au lieu de 0 gr. 500 employé ordinairement et par contre, augmenter la dose d'acide fluorhydrique. La durée de l'opération est portée à une demi-heure ; quelquefois 45 minutes sont nécessaires pour obtenir l'attaque complète de la poudre. Si l'atmosphère carbonique est soigneusement maintenue, l'attaque se faisant en milieu acide, l'oxydation n'est pas à craindre.

(1) Les analyses 1, 5, 9, 11 ont été faites par moi-même.

Les analyses 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10 par M. Raoult.

	1er Groupe				2e Groupe						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ²	43,60	49,86	48,92	51,48	46,30	49,54	47,50	48,10	49,00	46,42	47,60
Al ² O ³	8,00	10,33	13,07	12,97	13,70	16,33	17,14	15,07	9,16	15,32	20,11
Fe ² O ³	8,11	5,88	3,52	3,29	5,51	2,57	2,00	2,25	7,81	2,44	2,66
FeO.	13,64	8,09	8,12	7,20	10,80	5,53	6,04	8,01	9,93	5,65	5,15
MgO.	4,32	5,21	6,51	8,42	6,98	9,47	10,37	8,25	7,23	11,59	6,82
CaO.	10,00	12,92	11,68	10,82	11,90	12,88	13,61	14,26	9,50	16,14	13,70
Na ² O	5,07	3,56	3,46	3,47	2,66	2,44	1,42	1,72	1,77	1,44	1,97
K ² O.	0,57	0,17	0,42	0,17	0,37	0,47	0,23	0,25	0,67	0,17	0,60
TiO ²	5,16	3,02	3,21	1,43	1,28	0,37	1,03	1,70	3,80	0,18	1,03
P ² O ⁵	1,09	0,69	0,63	0,43	0,30	0,05	0,14	0,09	0,20	0,07	0,46
H ² O —	0,01	0,07	0,02	0,11	0,15	0,37	0,02	0,17	0,55	0,31	0,15
H ² O +	0,67	0,17	0,17	0,18							
Densité.	100,24	99,97	99,73	99,97	99,95	100,02	99,69	99,87	99,62	99,73	100,25
	3,42	3,48			3,35	3,35	3,36				3,40

10° La Compointrie : pyroxène, grenat, disthène et amphibole;

11° Piedpain : pyroxène, grenat, extrêmement riche en zoïsite.

La comparaison de ces analyses montre le peu d'étendue des variations de composition chimique, sauf dans les deux types extrêmes. Ces roches sont caractérisées par la teneur en silice oscillant entre 46 et 51 %, une grande pauvreté en potasse; l'alumine et le sesquioxyde de fer varient en raison inverse l'un de l'autre, leur somme à peu près constante oscille entre 19 et 22 %; la chaux varie de 9,50 (Les Guerches) à 16 % (La Compointrie).

Parmi ces analyses, on peut cependant établir deux groupes, mis en évidence dans le tableau qui précède. Ces groupes sont basés sur les caractères suivants :

Le premier groupe est plus ferrifère qu'alumineux, plus alcalin (Na_2O de 3,4 à 3,6 %), plus titanifère et moins calcique que le second. Ce type chimique comprend les roches à pyroxène très vert et à amphibole sodique; ces roches ne renferment ni disthène, ni zoïsite. J'ai fait remarquer déjà que la présence du minéral micacé n'est pas la conséquence d'une plus grande richesse en potasse, en effet l'éclogite du Cellier qui semble riche en ce minéral n'en possède que 0,17 %, c'est d'ailleurs ce qui m'a amené à le rapprocher de la paragonite, mais il faut rappeler en outre que les essais microchimiques y mettent en évidence l'existence non seulement de la soude, mais encore de la chaux.

La roche du Cellier est remarquable par l'exagération des caractères différentiels de ce groupe.

Les roches 5 (Puy Ferrières) et 6 (Saint-Denis-la-Chèvasse) forment le passage entre ces deux groupes.

Quant au second groupe, sa teneur en alumine s'élève, ainsi que celle de la chaux, tandis que diminue la quantité des alcalis, du fer et du titane. C'est dans ce groupe que se rangent les variétés riches en disthène (17 % d' Al_2O_3 Puy Ferrières) et en zoïsite (20 % d'alumine, Piedpain).

Au point de vue géographique, le premier groupe se trouve au Nord de la Loire, alors que le second se rencontre au Sud de la Loire et en Corrèze.

En possession de ces résultats, il me reste à les discuter pour chercher l'interprétation de l'origine des éclo-gites étudiées dans ce travail.

Supposant pour un instant le problème résolu et considérant ces roches comme d'origine éruptive, j'ai calculé leur composition virtuelle et leur place éventuelle dans la classification chimico-minéralogique.

Le grand avantage de cette méthode consiste en ce que les calculs étant toujours conduits d'une manière identique, ils fournissent le moyen de comparer la constitution de plusieurs roches à l'aide d'un même critérium. Le calcul (1) ne donne pas la composition réelle de la roche, mais parmi beaucoup d'autres une des possibilités de cristallisation du magma. M. A. Lacroix a fait remarquer que la composition minéralogique virtuelle donnée par le calcul se rapproche beaucoup de celle qui est réalisée dans un magma fondu et par conséquent dans les roches d'épanchement; par suite elle doit s'éloigner de celle des roches formées sous d'autres conditions et les différences seront particulièrement sensibles quand il s'agira de schistes cristallins, où l'on rencontre des combinaisons minéralogiques incompatibles avec une cristallisation par fusion. Quoi qu'il en soit, si l'on peut démontrer que la composition chimique des éclo-gites est celle de roches éruptives connues, on aura établi avec une grande probabilité leur origine éruptive. On devra les ranger parmi ce que Rosenbusch a appelé des orthogneiss. Voici le résultat de ce calcul :

(1) *Quantitative classification of Igneous Rocks* by W. Cross, J. P. Iddings, L. W. Pirsson, H. S. Washington, 1903. Chicago.

Composition minéralogique virtuelle calculée

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
q.	—	1,86	—	—	—	—	—	—	9,96	—	—
or	2,78	1,11	2,22	1,11	1,67	2,78	1,11	1,11	3,34	4,11	3,34
ab	24,63	30,39	29,34	29,34	22,00	20,44	12,05	14,25	14,15	7,34	16,24
an	—	11,40	18,90	19,38	24,74	32,25	39,75	32,80	15,85	34,75	43,65
ne	7,67	—	—	—	—	—	—	—	—	2,56	—
acmite	3,23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CaSiO ₃	18,33	20,18	14,96	13,34	13,67	12,88	11,25	15,54	12,88	18,56	9,16
MgSiO ₃	9,10	13,00	13,10	18,30	8,6	12,10	16,60	17,00	18,70	13,30	11,10
FeSiO ₃	8,84	5,02	5,15	7,66	6,45	3,56	4,75	8,18	5,41	3,56	3,56
Mg ² SiO ₄	1,12	—	2,16	1,96	6,14	8,12	6,44	2,52	—	10,78	4,13
Fe ² SiO ₄	1,43	—	0,92	0,41	5,30	2,65	2,04	1,43	—	3,47	1,48
ilm.	9,73	5,78	6,08	2,74	2,26	0,76	1,98	3,19	7,30	0,46	1,98
ma.	10,21	8,35	5,10	4,64	9,90	3,71	3,02	3,25	11,37	3,48	3,71
hem.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ap.	2,35	1,68	1,34	1,01	0,67	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	1,01
FeS ²	—	—	0,25	—	—	—	—	—	—	—	—
H ² O.	0,68	0,24	0,19	0,19	0,15	0,37	0,21	0,17	0,55	0,31	0,15
	100,10	99,01	99,71	99,88	100,74	99,96	99,54	99,51	99,85	100,02	99,61
1. Le Cellier III (IV)	6	1	5						7. Puy Ferrières	III	5
2. Fay	III	5							8. La Favrie	III	5
3. Le Cellier III	5	(2) 3	5			III 5	'4		9. Les Guerches	III''	4
4. Le Cellier III	5	3	'5			III 5	4		11. Piedpain	II(III)5	(3) 4
	5	3	5								4

Les paramètres donnés ci-dessus sont ceux de roches éruptives. Le troisième paramètre donne le rapport des alcalis à la chaux feldspathisable, de ce rapport se déduit la nature du feldspath virtuel ; dans le premier groupe, le plagioclase est une andésine, c'est du labrador dans le second.

La composition chimique des éclogites du Nord de la Loire correspond à celle de diorites (1) et les éclogites du Sud de la Loire et de la Corrèze à celle de gabbro.

D'ailleurs les variations observées dans ces deux groupes sont de l'ordre de celles qu'on rencontre fréquemment dans les régions de gabbro et diorite et peuvent s'expliquer par de petites différences dans la composition du magma originel. Ainsi dans la roche des Guerches une quantité plus faible d'alumine, d'alcalis et chaux a pour conséquence l'existence de 9,96 % de quartz libre.

Plus délicat est le cas de la roche n° 1. La conséquence de la faible teneur en alumine et de l'abondance de la soude fait que, dans la composition virtuelle, il n'existe pas d'anorthite, mais seulement de l'orthose et 30 % d'albite, l'alumine n'est même pas suffisante pour rendre toute la soude feldspathisable ; l'excès de celle-ci entre dans la constitution de molécules d'ægryne ; enfin la teneur en silice étant faible le calcul met en évidence une petite quantité de néphéline, alors que l'éclogite renferme du quartz. Ses paramètres sont : III (IV), 6, 1, 5 ; ils ne correspondent à ceux d'aucune roche éruptive connue, mais a fortiori une telle composition chimique ne peut faire considérer cette éclogite comme dérivant d'un sédiment. Faut-il l'interpréter comme un terme exceptionnel de la différenciation du magma diorite-gabbro originel, ou bien ne faut-il pas

(1) Je donne seulement ici le nom de la forme grenue éruptive, mais il est évident que l'éclogite pourrait aussi bien résulter de la transformation d'une forme d'épanchement microlitique, andésite ou labradorite.

plutôt admettre qu'elle résulte de transformations chimiques postérieures dans une roche gabbroïque de l'ordre de celles que M. A. Lacroix (1) a signalées récemment dans certaines roches éruptives des Basses-Pyrénées.

Des différences de composition s'observent non seulement entre des types de localités éloignées, mais entre ceux de deux gisements très proches, par exemple le clos de la Gauvrière (La Compointrie) et de Piedpain.

Si l'on compare l'éclogite de Piedpain avec celle du gisement voisin, on constate une teneur beaucoup plus élevée en alumine (20 %), plus faible en chaux et surtout en magnésie, avec un peu plus d'alcalis et surtout de potasse. Ces différences malgré leur importance peuvent s'expliquer encore en admettant que les deux roches ont une même origine éruptive. Considérons en effet les résultats du calcul de la composition minéralogique virtuelle. La roche de Piedpain renferme 59,89 % de plagioclases virtuels, celle de La Gauvrière 42,09 %, la teneur en An varie dans le même sens.

A La Gauvrière le métasilicate de Ca et le métasilicate de Mg sont en proportions sensiblement égales — le pyroxène virtuel est du diopside et les orthosilicates de magnésie et de fer donnés par le calcul s'élèvent à 14,25 %.

A Piedpain, l'olivine virtuelle est en beaucoup plus faible quantité (5,61 %) et le métasilicate de magnésie prédominant sur celui de chaux entraîne la nécessité de faire intervenir un pyroxène rhombique.

En résumé la roche originelle de Piedpain a dû être un gabbro à hypersthène plus leucocrate, tandis que celle de La Gauvrière était un gabbro à olivine.

On remarque que par suite de leur teneur élevée en alumine ces éclogites fournissent par le calcul une composition virtuelle comportant une proportion très importante de feldspaths, alors que dans leur composition minéralogique exprimée tous ces feldspaths passent à

(1) C. Rendus, t. 170, 1920, p. 685.

l'état potentiel dans divers silicates : disthène, zoïsite, pyroxène, mica. C'est un fait comparable à celui qui, dans les roches éruptives, caractérise les ariégites dont les relations avec les roches qui nous occupent seront discutées dans le chapitre des conclusions de ce travail.

Je ferai seulement ici deux remarques concernant, l'une le quartz, l'autre le disthène. Plusieurs éclo-gites renferment du quartz que le calcul ne met pas en évidence et même au Cellier dans la roche n° 1 qui est quartzifère, le calcul fait apparaître une petite composition de néphéline virtuelle. De même dans les éclo-gites riches en disthène, on ne trouve pas d'alumine libre et il existe une quantité considérable de chaux

non feldpathisable, le rapport $\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO}} < 1$, or dans un magma fondu, les silicates d'alumine ne peuvent se former que s'il existe un excès d'alumine feldpathisable c'est-à-dire si le rapport

$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO}} > 1$. Cette comparaison et les deux faits qui viennent d'être rapportés sont caractéristiques des schistes cristallins. On trouve là une preuve que la production de ceux-ci aux dépens des roches éruptives ne s'est pas produite par voie de fusion.

Dans les roches éruptives, la composition des méta-silicates d'origine primaire est toujours en relation avec la composition chimique de la roche ; par exemple dans une roche calco-alkaline, les pyroxènes varient entre le diopside et l'augite, l'amphibole appartient au groupe des hornblendes, les alcalis se trouvent essentiellement dans les feldspaths, ce n'est que lorsque toute la chaux est feldpathisée et que la proportion de soude et de potasse est plus grande que celle nécessaire à saturer l'alumine qu'apparaissent l'æggyrine, la riebeckite et l'arfvedsonite. Dans les roches métamorphiques au contraire, des pyroxènes et des amphiboles très sodiques peuvent se former dans un milieu relati-

vement pauvre en alcalis en présence de chaux non feldpathisée. Dans le cas qui nous occupe la totalité des alcalis se trouve dans les métasilicates.

Pour légitimer ces conclusions, je donne, comme terme de comparaison, l'analyse d'un certain nombre de roches éruptives se rapprochant par leur composition chimique des roches étudiées dans ce travail. En effet, il ne suffirait pas qu'il y ait analogie entre les divers oxydes qui servent à calculer les paramètres, il faut aussi que cette analogie soit poussée plus loin encore et s'étende aux éléments moins importants qui n'entrent pas dans ce calcul. Or, il est facile de voir en considérant la teneur de chaque corps, qu'elle est comparable dans l'analyse du schiste cristallin et dans celle de la roche éruptive. Il n'est donc pas possible d'obtenir une plus grande similitude que dans les tables ci-dessous, et par conséquent il n'y a aucun doute sur l'interprétation à donner au sujet de l'origine des éclogites.

ANALYSES

1. Diabase, Grass Valley (Calif.). III. 5. (2) 3. 5, M. H.-N. Stokes, in W. Lindgren U. S. G. S., p. 66, 1896.
2. Diabase, Kohlhau, Lusace, III. 5 3 '5, in Reinisch, *Habilit. Sch.* Leipzig, 1902, p. 37, à comparer avec les analyses 2 et 3, données p. 91.
3. Basalte, Lassen Peak, Calif. II (III) 5. 4'. 5, Hillebrand. in Diller U. S. G. S., Bull. 148, 1891, p. 200.
4. Basalte, Réunion, III, 544, Boiteau, in A. Lacroix, C. R., 1912, p. 253.
5. Gabbro à hypersthène, Watol Belah, Java, (II) III, 5. 4. (4) 5 Sahlbom in Nilthammer *Tscherm. min. petr. Mitt.*, XXIII, 1909. 246.
6. Diabase Kalgoorlie, Australie occidentale, III. 5''. 4. 5. H. Bowley, in Washington, p. 665.
7. Pyroxénite feldspathique grenatifère Anosiravo, Madagascar, III, 5. 4. 4. Raoult in A. Lacroix *priv.*
8. Gabbro, Ambohitrosy, Mad. III, 5. 4. (4) 5, Boiteau. *id.*
9. Gabbro, Nosy Komba, Mad., III, 5'. 4. 4. Raoult. *id.*
10. Gabbro saussuritisé, Orezza, Corse, II, '5. 4. (4) 5, Raoult. *id.*

Les analyses 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, sont comparables aux analyses chimiques d'éclogites du deuxième groupe, données p. 91.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ²	51,01	51,41	50,89	48,68	49,08	48,86	46,92	47,00	44,44	47,54
Al ² O ³	41,89	43,70	46,76	45,70	47,83	43,47	44,68	46,78	48,16	49,47
Fe ² O ³	1,57	4,36	3,86	1,81	0,73	2,18	4,05	2,15	5,97	1,92
FeO	6,08	6,08	4,69	9,75	5,38	8,92	8,04	8,70	5,34	2,11
MgO	8,87	6,43	8,49	6,08	9,05	7,65	10,81	9,18	5,59	6,26
CaO	40,36	41,61	41,72	41,64	42,53	42,19	40,30	42,70	44,03	45,02
Na ² O	4,17	3,88	2,61	2,32	2,47	2,58	2,01	2,42	2,12	2,09
K ² O	0,15	0,55	0,32	0,88	0,51	0,19	0,62	0,52	0,74	0,43
TiO ²	0,98	0,88	0,79	2,68	0,65	1,49	1,17	0,26	2,71	0,31
P ² O ⁵	0,17	—	0,09	0,46	—	0,11	0,16	0,05	0,22	traces
.	0,24	—	—	—	0,22	0,04	0,38	0,16	0,70	0,23
H ² O	2,09	1,89	0,44	0,10	0,56	1,51	1,16	0,36	0,07	4,71
	99,35	100,79	100,76 ⁽¹⁾	100,10	100,16 ⁽²⁾	100,41 ⁽³⁾	100,30	100,28	100,07	100,09

⁽¹⁾ MnO = 0,13.

⁽²⁾ y compris MnO = 0,05.

⁽³⁾ » = 0,90.

VI. — COMPARAISON AVEC LES ÉCLOGITES DE GISEMENTS ÉTRANGERS

De nombreux travaux ont été antérieurement consacrés à l'étude des éclogites. Zirkel (1) en a donné l'analyse et la bibliographie.

Plus récemment Mlle Hezner a publié un intéressant mémoire sur celles de l'Oetzthal (Haute vallée de l'Adige Tyrol). Ce travail qui résume les précédents et donne l'état de la question en 1903, interprétée à l'aide des idées modernes, est celui qui me servira pour la comparaison des résultats de mon travail avec ceux des observations antérieures. Je ne reviendrai donc pas encore une fois sur le détail de ces dernières (2).

Ayant étudié une région très différente, je pense que cette comparaison aura l'intérêt de donner une plus grande généralité aux conclusions qui seront communes et de fixer des limites aux autres.

Pour cette discussion, je suivrai l'ordre même qui a servi dans les chapitres précédents.

Je me contenterai de rappeler ici que les principaux gisements d'éclogites en dehors de ceux spécialement étudiés dans ce travail, se trouvent le Fichtelgebirge, l'Erzgebirge, la Saxe (Waldheim), la Sau Alpe, la Carinthie, la Styrie, le Bachelgebirge, le Val d'Aoste, les Alpes Occidentales en Piémont, la Norvège et la Suède.

1. *Conditions géologiques.* — Le moyen Oetzthal est constitué par des paragneiss, au milieu desquels se trouvent de très petites masses de granite et par des bancs sans doute épais d'amphibolites. Ceux-ci deviennent schisteux sur les bords.

On a vu plus haut qu'en France, les deux régions les

(1) Lehrbuch der Petrographie, Leipzig, 1894, t. III, p. 360.

(2) Hezner. — Ein Beitrag zur Kenntnis der Eklogite und Amphibolite mit besonderer Berücksichtigung der Vorkommnisse des Mittleren Ötztales. *Tschermak's, min. petr. Mitt. (N. F.)*, 22, 1903.

plus importantes au point de vue des roches qui nous occupent sont la Corrèze et la Bretagne méridionale.

Sur les cartes géologiques, des notations sensiblement les mêmes se retrouvent, mais dans l'ensemble il me paraît que les roches de la première province sont plus cristallines, par conséquent plus anciennes d'après les idées d'autrefois, ou formées à un niveau plus profond d'après les théories actuelles, que celles de la Bretagne.

D'une façon générale, les écloğites se voient toujours dans de telles conditions géologiques, c'est-à-dire dans des gneiss ou des micaschistes, avec des variations de niveaux. Mais en Californie(1) les écloğites ne se rencontrent pas dans des schistes cristallins, elles accompagnent des venues éruptives au milieu des roches sédimentaires qui sont : des argiles à San Martin, des grès et des argiles dans le miocène de la Calaveras Valley. A Tiburon (Baie de San Francisco), les écloğites se trouvent au milieu de la serpentine, elles sont dans le voisinage de péridotites, gabbros et serpentines (San José).

Mode de gisement. — Comme en France, les écloğites de l'Oetzthal sont toujours associées à des amphibolites et forment des masses compactes dont les amphibolites occupent la périphérie.

2. *Composition minéralogique.* — De même que dans les gisements que j'ai étudiés, les écloğites de l'Oetzthal sont des roches très bien définies minéralogiquement et structurellement : leurs éléments essentiels ne présentent que peu de variation. Les différences portent principalement sur les éléments accessoires ; il semble

(1) M. Holway a publié un travail (*J. geol. Chicago* t. 12, 1904, p. 344, 358) sur les écloğites de Californie et de l'Orégon. Il a donné au terme d'écloğite une signification plus compréhensive que celle adoptée ici. Il appelle écloğites non seulement les roches composées essentiellement de pyroxène et de grenat, mais encore des roches dépourvues de pyroxène et formées de hornblende et de grenat, c'est-à-dire des roches que je comprends dans les amphibolites grenatifères. De plus, il fait intervenir dans sa définition une notion d'origine, réservant uniquement ce nom aux roches qui résultent de la transformation de roches éruptives.

que ces derniers soient beaucoup plus rares dans l'Oetzthal que dans les gisements français.

a) *Eléments essentiels.* — Dans l'Oetzthal et dans les autres gisements connus (1), le *pyroxène* présente les mêmes caractéristiques que dans les *éclogites* françaises, toutefois des macles polysynthétiques par pression y ont été observées qui n'existent pas dans nos roches. L'omphazite est toujours ou incolore ou vert d'eau très pâle en lame mince (1).

Voici comparée à l'analyse de l'omphazite de Fay (2) celles du même minéral provenant de gisements étrangers.

1. Fay.
2. Schuttalpe, Burgstein (M^{lle} Hezner).
3. Oropa, près Biella (F. Zambonini, *Rend. Acc. Lincei*, t. 10, 1901, 240).

	1	2	3
SiO ²	54,88	54,21	53,54
Al ² O ³	10,44	10,91	14,79
Fe ² O ³	5,80	3,12	5,14
FeO	3,31	1,33	—
MgO	6,41	10,03	3,59
CaO	12,94	14,61	14,83
Na ² O	5,31	4,51	7,73
K ² O	0,34	0,92	0,27
H ² O	—	0,46	—
H ² O	0,23	0,05	—
	100,05 (3)	100,15	99,89
Densité	3,51	3,33	

D'après ces analyses, il est facile de voir que la caractéristique des omphazites réside dans leur richesse en alumine et en alcalis et il semble bien qu'il faille étendre ces conclusions au pyroxène de toutes les *éclogites*. En effet, toutes les analyses d'*éclogites* que je possède, toutes celles de Mlle Hezner, contiennent des alcalis et sauf lorsqu'il s'y trouve de l'amphibole, ceux-ci ne

(1) Une seule exception a été signalée à Greifendorf, en Saxe, une *éclogite* renferme un pyroxène polychroïque dans les tons bruns, jaune brunâtre suivant n_p , brun suivant n_m , brun clair suivant n_g .

(2) Cf. page 24.

(3) Y compris TiO² = 0,39.

peuvent provenir que du pyroxène. Cette composition chimique, jointe aux propriétés physiques précédemment décrites, donne une véritable unité aux pyroxènes des élogites et légitime le nom spécial d'omphazite qui leur fut donné jadis à cause de leurs caractères extérieurs.

M. Joukowsky a donné l'analyse suivante du pyroxène d'une élogite des Aiguilles Rouges, il ne renferme pas d'alcalis, par conséquent je ne le considère pas comme une omphazite.

SiO ²	51,28
Al ² O ³	5,00
Fe ² O ³	2,95
FeO	9,58
MgO	11,93
CaO	19,17
Na ² O	—
K ² O	—
H ² O	0,49
	100,40

Grenats. — La forme, la couleur, la monoréfringence sont communes au grenat des élogites en général. Voici quelques analyses à comparer à celui de St Philbert de Grandlieu (1).

- 1 Saint Philbert de Grandlieu.
- 2 Schutthalde au Burgstein (M^{lle} Hezner).
- 3 Aiguilles Rouges (M. Joukowsky).
- 4 Sauvalpe, Carinthie.
- 5 Silberbach, Fichtelgebirge.
- 6 Bohringen, Saxe.

	1	2	3	4	5	6
SiO ²	39,76	38,77	37,37	38,59	39,99	40,92
Al ² O ³	22,04	19,76	21,52	17,57	24,75	22,88
Fe ² O ³	1,37	5,45	—	16,43	2,55	8,06
FeO	18,06	19,31	28,32	21,12	12,65	—
MgO	8,92	8,92	5,37	4,27	12,54	20,94
CaO	10,42	7,87	7,85	2,27	7,71	4,52
Cr ² O ³	—	—	—	—	—	1,20
H ² O	—	—	—	—	—	1,48
	100,57	100,38	100,43	100,25	100,19	100,00

(1) Cf. p. 28.

	1	2
3SiO ² Al ² O ³ 3FeO	37	42
3SiO ² Al ² O ³ 3MgO	33	34
3SiO ² Al ² O ³ 3CaO	26	7
3SiO ² Fe ² O ³ 3CaO	4	17
	100	100

Les trois dernières analyses sont extraites des *Elemente der Gesteinslehre* de Rosenbusch (1). Il ne m'a pas été possible de les calculer comme je l'ai fait pour la première et la deuxième, car le nombre de molécules de la silice, de la somme des molécules des sesquioxides (Al, Fe, Cr)²O³ et celle des molécules des oxydes (Ca, Mg, Fe)O ne sont pas dans le rapport 3:1:3. qui correspond à la formule générale des grenats, il est vraisemblable que ces analyses ont été faites sur une matière insuffisamment purifiée; je les donne cependant comme approximation. D'après ces analyses, il y a lieu de distinguer dans les éclogites, deux types de grenat, le premier plus ferreux, le second à magnésie dominante.

Au premier groupe, il faut joindre le grenat de Fay qui contient 55 % d'almandin; il offre comme particularité de renfermer en outre 11 % de grenat spessartine, aussi faut-il le mettre un peu à part, jusqu'ici le manganèse n'ayant jamais été signalé en aussi forte proportion dans le grenat d'aucune autre éclogite.

L'analyse 4 révèle qu'en même temps que l'almandin dominant, le mélانيت joue un rôle important dans ce grenat de la Saualpe. Celui de Bohringen est très riche en pyrope, il n'a pas d'almandin. Les autres éléments sont : mélانيت, grossulaire, ouwarovite.

b) *Éléments accessoires*. — D'après les observations de Mlle Hezner, l'*amphibole* n'existerait pas à l'état primaire dans les éclogites de l'Oetzthal, mais serait un produit de transformation (ouralitisation ou paramorphose) de l'omphazite et du grenat. Dans les gisements français, il

(1) 1910, p. 656.

n'en est pas ainsi, il se trouve de grandes lames d'amphibole de plusieurs variétés : hornblende ordinaire, glaucophane, pargasite, smaragdite, qui sont postérieures au pyroxène et au grenat, mais cependant contemporaines de la genèse de l'éclogite et non pas le résultat de la transformation de éléments des celle-ci.

La glaucophane se trouve dans certains gisements que j'ai étudiés (Bouvron); dans quelques-uns d'entre eux elle est si abondante que la roche passe aux glaucophanites (Groix, Nouvelle-Calédonie, etc. (voir pp. 85 et 88). En Californie, la glaucophane est un élément constant des éclogites et il en est ainsi encore aux environs de Mocchie (Val de Susa) (1).

On sait que Werner a donné le nom de *carinthine* à l'amphibole d'un vert sombre des éclogites du Sau Alpe. M. Weinschenk a proposé de préciser ce terme en l'appliquant aux amphiboles vert bleuâtre passant à la glaucophane; cette manière de voir avait été adoptée par M. Murgoci (2) qui paraît aujourd'hui préférer une autre solution et ne pas vouloir conserver ce nom. C'était aussi l'opinion de Mlle Hezner; elle estimait que la composition chimique et les propriétés optiques de la carinthine ne la séparent pas des hornblendes ordinaires, et qu'il est par conséquent inutile d'en faire une variété spéciale. L'examen des carinthines de la collection du Muséum m'a conduit aux mêmes conclusions, c'est pourquoi je n'ai pas employé ce terme dans l'étude minéralogique du présent travail.

Le *mica*, l'*épidote* et la *zoïsité* sont rares dans l'Oetzthal et toujours secondaires (M^{lle} Hezner); ils n'apparaissent

(1) Piolti Giuseppe. Pirosseniti, glaucofanite, éclogite et anfiboliti dei dintorni di Mocchie (Val de Susa). *Atti. Acc. sc. Torino* 37, 1902, 660-666.

(2) Contribution to the classification of the Amphiboles. On some glaucophane schists, syenites, etc. *University of California publications. Bull. départ. Geol.* vol. 4, n° 15, pp. 359-396.

en quantité notable que dans les écoligites très kélyphitisées. En France, ces minéraux ne se rencontrent pas dans les écoligites de la Corrèze ; par contre, ils se trouvent très fréquemment dans la Loire-Inférieure et la Vendée, et cela dans des roches qui sont presque dépourvues de transformations kélyphitiques.

En ce qui concerne le *mica*, déjà Sandberger avait trouvé une grande quantité de chaux dans le mica soi-disant potassique de certaines écoligites. La margarite a été déterminée par M. Ransome dans l'écoligite de Tiburon (Baie de San Francisco), par contre, M. Holway considère comme de la paragonite, le mica des écoligites de San José et du Sonoma County.

Il semble bien que les micas de mes écoligites ne soient pas de la muscovite mais une variété de paragonite ; cette hypothèse s'accorde d'une part avec les observations que j'ai pu faire dans certains cas : essais microchimiques ne montrant pas de potasse, mais de la soude, de la chaux et d'une façon plus générale, faible quantité de potasse rencontrée dans les analyses en bloc des écoligites ; celle du Cellier a été entreprise spécialement pour obtenir la composition d'une roche particulièrement riche en mica ; or elle ne renferme que 0,17 % de K²O.

Quant à la biotite, dans l'Oetzthal, comme en France, elle n'est jamais primaire.

L'épidote est abondante à Bouvron et à Groix. La clinozoisite à Fay, la zoïsité à la Favrie et surtout à Piedpain ; elles y sont incontestablement primaires.

Le disthène ne se trouve ni dans tous les gisements, ni dans tous les échantillons de l'Oetzthal et de France, mais lorsqu'il existe, il est souvent très abondant.

Il n'y a pas plus de zircon dans l'Oetzthal que dans les gisements français ; il en est de même pour le sphène qui ne se trouve pas dans les véritables écoligites et n'apparaît que dans les formes de passage aux amphibolites et lorsque la transformation est déjà très avancée. Le plus souvent, il ne se forme pas directement,

mais se produit aux dépens soit de l'ilménite, soit du rutile. Il semble bien que ce soit là un caractère assez général des éclogites, cependant M. Holway parle de la fréquence du sphène dans des roches de Californie dont la description correspond bien à des éclogites, telles que nous l'entendons ici.

Pour compléter la comparaison de la composition minéralogique des éclogites françaises avec celle des gisements étrangers, il me reste à parler de deux minéraux, l'olivine et la bronzite, qui ont été signalés, le premier à Karlstatten (Basse-Autriche), dans le Fichtelgebirge, dans l'Almeklovdal (pays de Söndmøre, Norvège) ; le deuxième dans des « Eklogit-Amphibolite » (Hezner) de l'Oetzthal, à Schaumberg près d'Oberkotzau (Fichtelgebirge) ; à Heiersdorf (versant de la Mulde, en Saxe) ; dans une éclogite de Gestrikland en Suède (Törnebohm). Je ne les ai rencontrés dans aucune éclogite intacte ou modifiée, mais on verra plus loin que ces minéraux se trouvent dans une amphibolite que je considère comme résultant probablement de la transformation d'une ariégite.

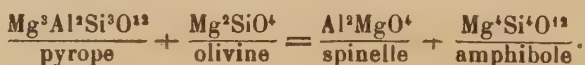
*Comparaison des produits
des transformations kélyphitiques des minéraux
des éclogites.*

Je ne rappellerai pas ici les observations faites par M^{le} Hezner sur les transformations kélyphitiques des éclogites, elles ne diffèrent des miennes que par quelques détails. Les mêmes phénomènes se retrouvent dans les deux régions. Toutefois il semble que la biotite joue un rôle plus important dans le massif de l'Oetzthal, car dans mes gisements, je ne l'ai observée que rarement et toujours en très faible quantité entourant la

mica blanc. Dans une éclogite de Moussours, la biotite est plus abondante, mais elle remplit des fentes et par conséquent son origine doit être cherchée dans des circulations hydrothermales et considérée comme secondaire.

A ses observations M^{lle} Hezner a joint un résumé des travaux dont cette question a été l'objet; plus tard, M. Sederholm (1), dans son mémoire sur les associations qu'il a appelées synanthétiques, a réservé un chapitre à l'étude des « zones de kélyphite autour du grenat dans les gabbros, éclogites, serpentines, leptynites, etc. » Dans ce chapitre, il a compris la kélyphite et ce que j'ai appelé kélyphitoïde; il fait un long historique et résume en particulier les résultats obtenus depuis la thèse de M^{lle} Hezner. Il me paraît donc inutile de donner ici encore une fois la liste de ces travaux.

Tous les auteurs ont admis qu'un échange moléculaire entre deux minéraux différents est nécessaire à la production de ces formations. Déjà en 1882, Schrauf les considérait, dans le cas particulier de kélyphites des péridotites (serpentine), comme résultant d'une réaction de contact entre le pyrope et l'olivine et M. Becke suggérait l'explication suivante :



M. Holland a signalé dans les roches de Salem (Indes) l'existence autour de l'hypersthène de couronnes de grenat et de quartz, le quartz représentant la silice libérée par la formation du grenat aux dépens du pyroxène rhombique et dans ses conclusions, il constate que les zones de réaction ne se trouvent qu'entre le grenat et les silicates ferro-magnésiens, jamais entre le grenat et les éléments blancs.

De même, M^{lle} Hezner admet que la kélyphite est un produit de réaction entre le grenat et le pyroxène, mais

(1) *Bull. Commission géologique Finlande*, N° 48, Helsingfors, 191 .

elle ajoute : « Dans certains cas, si le produit de transformation conserve la forme du grenat, ceci est dû à des conditions fortuites de cheminement et d'apport et ainsi se produisent ces phénomènes intermédiaires entre les périmorphose et les pseudomorphoses, mais le cheminement est toujours très limité, la hornblende est plus colorée au voisinage du grenat ».

Il est incontestable que plusieurs de mes observations conduisent à admettre de tels échanges moléculaires entre certains minéraux.

1° Lorsque la kélyphite comprend du plagioclase autre que l'anorthite, le grenat ne renfermant pas d'alcalis, il faut bien admettre un apport extérieur à ce minéral.

2° Lorsque dans l'amphibolite diablastique du Puy Ferrières et dans certaines éclogites de Norvège, que j'ai eu l'occasion de voir, toute la roche est uniformément composée par l'interpénétration de deux minéraux à structure diablastique avec quelques restes de grenat, seuls témoins de l'état antérieur de la roche, il est évident que les minéraux à structure diablastique n'ont pas uniquement cristallisé sur le cadavre des constituants de l'éclogite, mais se sont mélangés pour former une association d'amphibole et de plagioclase identique à elle-même dans toute l'étendue de la roche.

3° Lorsque les métasilicates présentent une coloration plus marquée au contact du grenat, cette coloration est certainement due à une teneur plus élevée en fer et dont l'origine ne peut être cherchée que dans le grenat.

Mais ceci étant posé, je ne crois pas à la nécessité de réaction entre deux minéraux pour la production de ces associations minéralogiques.

L'argument principal que l'on peut apporter pour démontrer l'existence d'une réaction dans les phénomènes de ce genre, consiste à montrer qu'elles ne sont possibles que lorsque deux minéraux différents sont en

contact l'un avec l'autre. Les couronnes synanthétiques du péridot des gabbros ne se produisent jamais que lorsqu'un cristal d'olivine touche un cristal de plagioclase. Or, dans la kélyphitoïde des pyroxènes, il est très fréquent d'observer des vermiculisations d'amphibole et d'un minéral moins réfringent au contact de deux plages de pyroxènes ou même entre les fragments d'un même cristal, il ne saurait donc, dans ce cas, être question d'une réaction entre deux minéraux, il s'agit d'un dédoublement moléculaire d'un seul et même minéral.

Il se trouve aussi des roches dans lesquelles la kélyphitoïde est très développée autour d'un cristal d'omphazite, mais qui disparaît dans la portion où celui-ci est en contact avec le grenat. Alors la zone fibreuse est remplacée par une mince bande d'amphibole qui entoure tout le grenat et pénètre dans ses cassures.

Enfin dans certaines éclogites et en particulier dans celle de Boissinet, qui présente un grand développement de structures kélyphitiques, il arrive que la kélyphite résultant de la transformation du grenat est si localisée sur l'emplacement de celui-ci, si bien limitée par des faces planes, que l'on ne peut admettre aucun échange avec les minéraux voisins. L'ilménite, qui apparaît dans la kélyphite comme le résultat de la combinaison de l'acide titanique des inclusions de rutil, avec le fer contenu dans le grenat, n'émigre pas dans la kélyphitoïde voisine, ce qui n'eût pas manqué de se produire s'il y avait eu réaction entre les éléments chimiques du pyroxène et du grenat. La réaction, en outre, eût fait disparaître la démarcation si nettement conservée existant entre les minéraux anciens. Peut-être ces différentes manières d'être des structures kélyphitiques ne sont-elles que les phases plus ou moins évoluées d'un même phénomène, les premières observations où il y a réaction se retrouvant dans des roches voisines des amphibolites. Avec ceci nous rentrons dans le domaine des hypothèses sur les conditions physiques qui ont déterminé l'apparition et la transformation des éclogites.

Comparaison des compositions chimiques.

Voici parmi les analyses d'éclogites antérieurement publiées celles qui sont assez complètes pour pouvoir être comparées aux miennes.

- | | |
|---|-------------|
| 1. Eclogite. | } Oetzthal. |
| 2. » | |
| 3. Eclogite amphibolique. | |
| 4. » » | |
| 5. Kelyphit amphibolite. | } " |
| 6. Eclogite de San Martin (C. B. Allen, in Holway). | |
| 7. Aiguilles rouges (Joukowsky). | |
| 8. Aiguilles rouges (Joukowsky). | |
| 9. Aiguilles rouges (Joukowsky), pyroxène, grenat, quartz, feldspath. | |
| 10. Aiguilles rouges (Joukowsky), pyroxène, grenat, amphibole abondante, quartz, feldspath. | |
| 11. Silberbach près Conradsreuth (v. Gerichten). | |
| 12. Altenburg (Basse-Autriche), peu d'hornblende, un peu de feldspath (Schuster in Becke). | |

	1	2	3	4	5	6
SiO ² . . .	44,06	46,26	48,22	53,77	48,29	44,15
Al ² O ³ . . .	17,63	14,45	16,51	14,51	13,94	10,18
Fe ² O ³ . . .	3,40	4,41	2,64	5,55	9,61	11,92
FeO . . .	9,96	5,82	5,78	8,43	4,20	13,04
MgO . . .	7,19	11,99	8,26	5,38	6,80	6,18
CaO . . .	11,58	11,66	13,46	8,64	9,18	4,51
Na ² O . . .	2,92	2,45	3,23	2,76	3,54	5,11
K ² O . . .	0,91	1,51	0,47	0,87	1,00	2,09
TiO ² . . .	2,29	0,28	1,07	0,19	1,79	traces
H ² O — . . .	0,12	—	—	0,15	0,10	—
H ² O + . . .	0,17	1,10	0,66	0,30	1,29	0,95
	—	99,93	100,30	99,55	99,74	98,13
Densité.	3,54	3,45	2,97	3,24	3,13	—

	7	8	9	10	11	12
SiO ³ . . .	48,22	47,01	43,48	47,71	55,00	48,89
Al ² O ³ . . .	16,10	18,08	17,93	17,55	13,54	14,46
Fe ² O ³ . . .	3,55	4,01	4,88	4,15	2,74	2,00
FeO . . .	12,80	8,74	12,25	12,62	3,37	7,15
MgO . . .	7,61	5,43	7,42	6,01	10,21	12,21
CaO . . .	10,00	10,31	10,40	10,00	12,09	13,76
Na ² O . . .	alcalis	4,12	2,97	1,24	2,10	1,75
K ² O . . .	non	1,35	0,07	0,22	0,50	0,17
TiO ² . . .	dosés	—	—	—	—	0,40
H ² O — . . .	—	—	—	—	0,20	—
H ² O + . . .	—	0,53	—	—	—	—
	98,28	99,58	99,40	99,50	99,00 ⁽¹⁾	—
Densité .	—	—	—	—	3,42	—

Les paramètres magmatiques correspondant à ces analyses sont les suivants :

1. III. 4 (5). 4. 4.
2. III. 5 (6). 3 (4). 4.
3. IV. 5. (3) 4. 5.
4. (II) III. (4) 5. (3) 4. 4'.
5. III. 5. 3. 4'.
6. III. 6. 1. 4'.
7. Les alcalis ne sont pas dosés.
8. (II) III. 5 (6). 3. 4'.
9. III. 5. 4. 5.
10. III. 5. 4 (5). 5.
11. III. 5. 4. 5.
12. III. 5. 4. 5.

On voit que ces roches présentent entre elles les plus grandes analogies, malgré l'éloignement de leurs gisements ; celles de l'Oetzthal se rapprochent du premier type chimique de mes écoligites, celui qui, plus riche en soude et en fer et moins calcique, se rencontre au Nord de la Loire et appartient à un magma dioritique.

La plupart des autres correspondent à un magma gabbroïque comme les écoligites du sud de la Loire et de la Corrèze.

(1) Y compris MnO : 0,32.

Enfin j'ai fait remarquer que parmi les analyses des roches françaises celle d'un échantillon du Cellier est aberrant, que sa richesse en soude n'est pas explicable par la seule présence de l'omphazite vert d'eau, que par conséquent l'amphibole qui l'accompagne doit être très sodique. Une analyse d'éclogite riche en glaucophane de San Martin s'en rapproche beaucoup et les paramètres calculés sont très voisins dans les 2 analyses :

Le Cellier	III.	5 (6).	1.	5
San Martin	III.	6.	1.	4'

VII. — CLASSIFICATION

M^{lle} Hezner a donné une classification des roches qu'elle a étudiées. Quoiqu'elle admette des formes de passage entre elles, elle a établi les 4 groupes suivants :

1° *Eklogite* proprement dite. — Ce terme correspond à la définition d'Haüy adoptée dans mon travail.

2° *Eklogit-amphibolite*. — Ce nom est appliqué aux éclogites en voie de transformation, lorsque la quantité d'amphibole kélyphitique égale celle du pyroxène primordial.

3° *Kélyphit-amphibolite*. — Stade plus évolué de la transformation dans laquelle il ne reste plus de pyroxène primordial.

4° *Amphibolite*. — La recristallisation de l'amphibole s'est produite aux dépens des éléments dentelés, la roche est devenue grenue.

De même, dans les gisements français, il y a passage insensible des éclogites aux amphibolites qui les accompagnent par l'intermédiaire des types à structure kélyphitique. Mais ces divisions me paraissent trop absolues.

On verra plus loin que pour établir ses types M^{lle} Hezner s'est basée sur la présence des minéraux hydroxylés

dans ses Eklogit-amphibolites et ses Kélyphit-amphibolites auxquels est attribuée une signification caractéristique d'une profondeur déterminée et que ceci ne se retrouve pas dans les gisements français.

Je sais qu'il est difficile en sciences naturelles et surtout en pétrologie d'établir une classification naturelle. Les séries que l'on peut faire sont arbitraires et par conséquent discutables suivant l'importance attribuée aux caractères qui ont servi de base, et cependant pour décrire et s'entendre il est nécessaire de donner des noms et de marquer des frontières.

Il est si rare de trouver des éclogites totalement dépourvues de transformations kélyphitiques et il me semble si difficile dans une série aussi continue d'apprécier le moment où la quantité d'hornblende devient égale à celle du pyroxène, que j'ai conservé le terme d'*éclogite* soit qu'il reste des traces non transformées d'omphazite et de grenat, avec le facies grano-blastique, soit que les produits de transformation totale aient respecté la forme des minéraux anciens : ce sont des éclogites partiellement ou totalement kélyphitisées, toutefois il est nécessaire de préciser l'importance de la transformation.

Lorsque dans un stade plus évolué la transformation a fait disparaître le squelette des minéraux anciens et effacé la distinction entre la kélyphite et les kélyphitoïdes, l'étendue de la plaque mince se trouve occupée par de l'amphibole et parfois du pyroxène (mais toujours en moindre importance) associés à des éléments blancs et constituant une structure diablastique analogue à celle de la figure 1 planche IV ; j'appelle de telles roches : *amphibolites diablastiques* (1).

(1) Une des raisons pour lesquelles je ne saurais conserver le terme d'eklogit-amphibolite proposé par M^{lle} Hezner, c'est qu'il préterait à confusion dans les éclogites françaises. On se souvient en effet que M^{lle} Hezner n'a pas trouvé d'amphibole autre que celle résultant de la transformation des éléments essentiels tandis qu'en France il existe de l'amphibole primaire et de l'amphibole kélyphitique.

Celles-ci peuvent contenir encore des grenats, derniers restes de l'éclogite, et ils sont généralement entourés d'une auréole de kélyphite.

Enfin lorsque la recristallisation de l'amphibole est suffisamment complète, qu'il n'est plus possible de reconnaître la composition minéralogique et la structure originelles et qu'il faut faire une hypothèse basée sur des relations géologiques et sur des analogies chimiques pour remonter à l'éclogite, la roche rentre dans le groupe des *amphibolites feldspathiques* qui font plus loin l'objet d'un chapitre spécial.

Comparaison des éclogites et des ariégites.

Dans ses études sur les roches des Pyrénées, M. A. Lacroix a décrit sous le nom d'« ariégites » (1) des roches dont quelques-unes peuvent, à certains points de vue, être comparées aux éclogites, car, comme elles, elles sont essentiellement composées par un grenat et un pyroxène, et, comme elles aussi, elles présentent des transformations kélyphitiques.

Incontestablement les ariégites sont des roches éruptives ; elles résultent soit de différenciations effectuées dans des massifs intrusifs de lherzolite, soit de véritables filons dans celles-ci. Leur composition est variable, conduisant à de nombreux types caractérisés par des associations minéralogiques distinctes.

A ce point de vue elles peuvent être divisées en 2 groupes :

1° Pyroxène monoclinique, spinelle vert, avec généralement bronzite et souvent grenat pyrope, calcique et ferreux, pouvant être très abondant. Le grain est moyen, mais il existe des variétés pegmatiques.

2° Aux éléments principaux s'ajoute une hornblende

(1) C. R. Congrès géol. internat. 1900, Paris, pl. XIII et XIV et *Comptes Rendus*, t. 165, 1917, p. 381.

spéciale brune très ferrifère, alumineuse et renfermant des alcalis. Le spinelle manque parfois, dans ce cas le grenat est plus abondant.

Ce sont les variétés grenatifères qui sont comparables aux élogites, mais les caractères différentiels des ariégites sont : l'abondance du spinelle et en outre la présence de cette amphibole spéciale, l'existence presque constante d'un pyroxène rhombique. Au point de vue chimico-minéralogique les ariégites se rapportent au même groupe que les élogites. M. A. Lacroix les considère comme des types hétéromorphes non feldspathiques de gabbros très magnésiens ; elles sont donc par cela aussi comparables aux élogites mais, prises dans leur ensemble, elles sont plus pauvres en silice et en alcalis et beaucoup plus magnésiennes. La comparaison des analyses permet d'observer les analogies et les différences constantes entre ces diverses roches et de constater qu'elles sont comparables à certaines d'entre elles, mais non pas identiques, beaucoup d'ariégites sont presque dépourvues d'alcalis.

Tous les types d'ariégites sont susceptibles de présenter des phénomènes de kélyphite, ce sont *une amphibole verte et du spinelle* qui constituent la dentelle sur un fond de plagioclase basique, souvent anorthite.

Cette kélyphite est distribuée à la périphérie du grenat, elle s'observe dans des roches déformées mécaniquement et semble avoir suivi de près ces phénomènes de déformation structurelle.

Non seulement le grenat, mais aussi le pyroxène est atteint par des transformations kélyphitiques et au « Tuc d'Ess » en particulier, on rencontre des structures analogues aux kélyphitoïdes des élogites (1), cependant leurs éléments sont de plus grandes dimensions,

(1) Comme dans les élogites, la kélyphitoïde entraîne un changement d'aspect dans la roche qui devient verdâtre et plus compacte.

aussi peuvent-ils être plus facilement distingués les uns des autres.

Cette association constante de phénomènes de déformations mécaniques et de kélyphite dans les ariégites des Pyrénées montre, et la situation géologique des lherzolites des Pyrénées le confirme, qu'elles se sont effectuées dans une zone superficielle, dans laquelle les sédiments voisins ont été métamorphisés par des actions de contact et non par l'effet de transport à une profondeur plus grande, très grande, si on la compare à celle qui a été nécessaire pour la formation des schistes cristallins ; c'est un fait sur lequel je reviendrai plus loin.

Voici parmi les analyses d'ariégites (1) celles qui peuvent être comparées aux analyses des écloğites :

	1	2	3
SiO ²	46,00	42,30	45,14
Al ² O ³	14,49	13,71	12,94
Fe ² O ³	4,02	1,93	4,51
FeO	7,67	7,36	3,78
MgO	9,72	12,47	14,97
CaO	11,34	12,94	16,40
Na ² O	1,49	1,80	1,03
K ² O	0,51	1,07	0,15
TiO ²	3,50	4,60	0,40
P ² O ⁵	0,07	0,05	0,05
H ² O	0,12	0,11	0,04
H ² O	1,21	1,91	0,55
	100,14	100,25	100,04

1 Ariégite amphibolique à grenat, Escourgeat, III' 5, 4, 4-5, Raoult *in* A. Lacroix.

2 Ariégite riche en grenat et sans spinelle, Lherz III' 6, 4, 4-5 (passage aux lherzites). Raoult *in* A. Lacroix.

3 Ariégite très grenatifère, Pic de Géalde IV, [(5) 6, 4(5), '5] 1 (2), 2, 2, (1) 2. Raoult, *in* A. Lacroix.

VII. — ORIGINE DES ÉCLOGITES

La discussion de la composition chimique des écloğites françaises, aussi bien que celles d'autres gise-

(1) Analyses 1, 2 et 3. *Comptes Rendus*, t. 165, 1917, p. 385.

ments, conduit à montrer d'une façon qui paraît définitive, que ces roches possèdent la composition chimique de roches éruptives, dioritiques ou gabbroïques suivant les cas. Il n'est donc guère douteux qu'elles ne proviennent de la transformation de roches de cette nature. Pour que la démonstration soit sans réplique, il eut fallu, comme cela a été fait pour certaines amphibolites, pouvoir suivre les étapes de cette transformation; malheureusement, pas plus dans mes gisements que dans ceux antérieurement décrits, un semblable passage n'a pu être trouvé; mais quelques observations faites sur des gabbros et en particulier sur ceux de Madagascar, se transformant en pyroxénites grenatifères, donnent des explications sur la façon dont cette transformation peut s'effectuer.

Si l'on ne peut trouver d'arguments géologiques définitifs, prouvant ce mode d'origine, il existe une observation faite en Californie, qui y supplée dans une certaine mesure. M. Holway (1) a fait voir en effet, que des éclogites accompagnent des venues éruptives incontestables au milieu d'argiles miocènes non métamorphiques, et l'on ne peut douter par suite que ces éclogites ne soient elles-mêmes des roches éruptives modifiées.

L'origine éruptive des éclogites étant admise et la nature de leur magma établie, on peut se demander quelle a été la roche transformée : type grenu, diorite ou gabbro, ou bien forme microlitique, volcanique; de ce qui a été dit plus haut il résulte que là encore il n'est pas possible de faire de réponse précise. Toutefois, le mode de gisement des éclogites en petits bancs ou en lentilles intercalées dans les schistes cristallins, plaide en faveur d'une intrusion plutôt que d'un épanchement et la constance de composition dans un même gisement rend peu probable l'hypothèse de tufs qui sont généralement plus ou moins hétérogènes.

(1) Cf. p. 99.

Une autre question peut être posée. De tout temps des niveaux superposés dans certaines régions privilégiées ont été distingués dans les schistes cristallins : schistes, micaschistes, gneiss ; les anciens géologues leur attachaient une notion d'âge. On sait aujourd'hui que les schistes cristallins peuvent être d'âges variés ; ils ne sont pas nécessairement très anciens, il en a été décrit de mézozoïques et même de tertiaires. Les théories modernes tendent à établir que les différences de cristallinité présentées par les trois termes qui viennent d'être énumérés résultent des profondeurs inégales auxquelles se sont produites les recristallisations qui ont donné à ces roches leur composition et leur structure caractéristiques.

Dans son livre sur les schistes cristallins (1), M. Grubenmann a placé les éclogites dans la plus profonde des trois zones qu'il admet dans cette série (Van Hise et M. Becke n'en admettent que deux) et c'est la thèse que son élève, M^{lle} Hezner, avait soutenue dans le cas particulier des éclogites du Tyrol. Cette opinion s'appuie à la fois sur la composition minéralogique (le grenat et le pyroxène étant considérés comme caractéristiques des cristallisations à grande profondeur) et sur la structure, qui est granoblastique sans orientation. En ce qui concerne les éclogites du Tyrol, la thèse pouvait être encore appuyée par ce fait que la petite quantité d'épidote et de zoïsite observée a été regardée comme d'origine secondaire.

Mes observations ne conduisent pas à une conclusion aussi absolue. J'ai montré en effet que dans certains gisements, dont j'ai fait l'étude, des minéraux hydroxylés, tels que la clinozoïsite, la zoïsite, le mica blanc, jouent un rôle important dans la composition des éclogites, aussi bien que diverses amphiboles et, en particulier, la glaucophane. Or, ces minéraux sont regardés par M. Grubenmann comme spécifiques de sa zone

(1) Die Kristallinen Schiefer, Berlin 1910, p. 194.

moyenne, de même que le disthène qui joue aussi un rôle notable dans la constitution d'un grand nombre d'éclogites. Il semble donc possible de conclure de ces faits que les éclogites ont pu se former encore à un niveau beaucoup plus élevé que celui qui est admis généralement. Cette opinion peut d'ailleurs s'appuyer sur d'autres arguments que ceux qui viennent d'être présentés, sur des arguments géologiques. On a vu plus haut en effet, que dans la Corrèze et dans l'Ouest de la France, les éclogites se rencontrent indifféremment dans les gneiss, les micaschistes et même au milieu des phyllades sans que leur composition minéralogique et leur structure soient influencées par ces différences de niveau. Dans la Loire-Inférieure, en particulier, les types, avec ou sans clinozoïsité ou zoïsité, avec ou sans disthène, sont associés dans des gisements voisins.

Reste à discuter les transformations si fréquentes des éclogites en amphibolites grenatifères par l'intermédiaire des multiples types kélyphitisés qui ont été étudiés dans ce travail. Leur description fait apparaître que ce sont bien là des transformations et non point des étapes de la formation des éclogites.

La discussion de leur composition chimique a fait voir en outre que ces transformations sont d'ordre paramorphique; elles ne sont pas accompagnées de transformations chimiques notables, mais par contre, la densité de la roche a fortement diminué (1).

(1) Les différences de composition chimique ne sont pas suffisantes pour expliquer les différences de densité entre les éclogites et les amphibolites. En effet, les analyses de ces 2 roches au Puy-Ferrières sont très voisines et les densités respectives sont 3,36 et 3,04.

	Densité
Amphibolite grenatifère (Puy Ferrière).	3,04
Amphibolite d'Uzerche.	3,085
Eclogite {	(Puy Ferrières). 3,35
	(Puy Ferrières). 3,36
	(Piedpain). 3,40
	(Le Cellier). 3,42
	(Fay). 3,48

D'après les idées modernes, une telle amphibolisation d'une roche pyroxénique a dû s'effectuer à une profondeur moindre que celle à laquelle a cristallisé le pyroxène, de plus, le passage si fréquent de ces éclo-gites, dont les éléments ne sont pas orientés, à des roches schisteuses révèle l'influence d'une pression unilatérale dominante qui s'accorde bien avec la précédente conclusion. Il semble donc nécessaire d'admettre qu'une fois formées les éclo-gites ont subi, sous l'influence d'actions tectoniques, des oscillations verticales qui les ont transportées à des niveaux plus élevés, dans lesquels leur pyroxène est devenu instable et où il a pu commencer, continuer ou achever de se transformer en associations minéralogiques dans lesquelles l'amphibole domine.

En terminant, je rappellerai une observation de M. A. Lacroix, faite dans les Pyrénées, qui peut servir à éclairer cette question.

On a vu page 116 que le pyroxène et le grenat des ariégites présentent fréquemment des transformations kélyphitiques du même ordre que celle des éclo-gites, or celles-ci accompagnent des déformations mécaniques très intenses subies par la roche normale aussi bien que par les lherzolites qui la contiennent. Les sédiments au milieu desquels se sont produites ces intrusions de roches basiques ne sont métamorphisés qu'à leur contact immédiat avec celles-ci ; ils n'ont subi aucune des transformations qui caractérisent les schistes cristallins ; une grande profondeur n'est donc pas nécessaire pour la production des phénomènes kélyphitiques aux dépens de roches préexistantes pyroxéniques et grenatifères, elle est possible, même dans les zones cataclastiques superficielles.

DEUXIÈME PARTIE

QUELQUES OBSERVATIONS SUR LES PYROXÉNITES ET LES AMPHIBOLITES ACCOMPAGNANT LES ÉCLOGITES

Dans tous les gisements où sont connues les éclogites, ces roches sont associées à des amphibolites, soit que chacune de ces roches constituent au milieu des schistes cristallins des lits distincts, soit qu'elles forment un même corps géologique dans lequel l'éclogite occupe toujours la partie centrale et l'amphibolite la partie périphérique. Ce sont les mêmes relations qui ont été observées dans tant de gisements de gabbros et qui, depuis longtemps, ont conduit à supposer que ces amphibolites résultent de leur transformation. La réalité de cette hypothèse ayant été démontrée dans un grand nombre de cas, cela constituait déjà une probabilité pour qu'une semblable conclusion puisse être appliquée aux éclogites. On a vu dans le chapitre précédent avec quelle rigueur cette conclusion peut être démontrée pour les cas qui font l'objet de mon travail.

Il serait utile de traiter la question avec la même ampleur pour les amphibolites qui accompagnent les éclogites, mais pour cela des développements seraient nécessaires qui dépassent les limites que je puis me permettre ici ; aussi, après avoir étudié qualitativement les très nombreux documents que j'ai recueillis personnellement et ceux concernant la Corrèze, que je dois à

M. Mouret, me contenterai-je d'esquisser les premiers résultats de leur étude en donnant l'analyse d'un petit nombre de roches choisies de façon à ne négliger aucun des types essentiels.

I. — TYPES SANS FELDSPATHS

Pyroxénites et amphibolites pyroxéniques grenatifères.

Parmi les nombreuses amphibolites des gisements corréziens, aussi bien parmi celles accompagnant les élogites que parmi celles qui existent indépendamment, se rencontrent fréquemment des amphibolites grenatifères et pyroxéniques et même des pyroxénites grenatifères.

Les pyroxénites sont constituées par un fond diablastique : pyroxène et feldspath ou quartz qui forment la plus grande partie de la roche. Dans cet ensemble, se trouvent quelques grenats d'assez grande dimension auréolés de kélyphite amphibolique et feldspathique. Les éléments de cette kélyphite sont suffisamment grands pour permettre d'en faire le diagnostic facilement et de reconnaître les macles des plagioclases.

Il est assez curieux de constater l'existence de plages très allongées ou bien presque rondes, sans doute squellette d'un minéral antérieur et occupées par de petites lamelles d'un feldspath basique atteignant au moins le labrador. Le centre est plus basique encore ; les lamelles sont très petites et, faute de sections bien orientées, il est impossible de déterminer rigoureusement ce feldspath, mais sa réfringence élevée, sa biréfringence plus grande, le grand angle d'extinction, permettent de supposer qu'il a rapporté l'anorthite. A son voisinage se développe de l'amphibole sans forme géométrique. Cette amphibole est vert jaunâtre, son polychroïsme est dif-

fèrent de celui de l'amphibole kélyphitique qui est d'un vert plus bleuâtre.

J'ai observé une série continue d'échantillons renfermant une quantité croissante d'amphibole qui se développe toujours au voisinage du grenat et des îlots de feldspath. Cette amphibole est tantôt vermiculée, tantôt sous forme de plages de dimensions supérieures, mais ses éléments sont toujours plus grands que ceux du pyroxène; ce dernier, à contour dentelé, est localisé dans des îlots distincts encadrés par de l'amphibole.

Dans une variété de cette roche, il arrive qu'au contact de plages de quartz, le pyroxène prend une plus grande dimension; il forme des chapelets de cristaux à clivages bien nets. Dans d'autres échantillons, on voit des îlots de pyroxène devenant moins distincts, l'amphibole s'y insinue. Dépourvue de forme propre, elle s'étend comme un liquide et se répand.

Enfin, le dernier terme de cette série est donné par des amphibolites grenatifères dans lesquelles il subsiste encore un peu de pyroxène; l'amphibole est granoblastique, par place, elle moule les grains de feldspath qui apparaissent au milieu d'elle, comme découpés à l'emporte-pièce. Il semble que dans ces pyroxénites, la forme normale dans laquelle entre le titane soit le rutil et l'ilménite, le leucosphène apparaît avec l'amphibole et suit l'intensité de son développement. Dans les amphibolites typiques, le sphène existe seul; il est disséminé dans toute la roche. Le rutil ou l'ilménite, lorsqu'ils sont associés au sphène, occupent toujours la partie centrale, il me paraît évident qu'ils sont antérieurs. On pourrait se servir de cette observation pour démontrer la formation de ces amphibolites, dépourvues de pyroxène aux dépens des roches pyroxéniques qui viennent d'être décrites.

Je n'ai pas considéré les pyroxénites grenatifères comme des élogites pour les raisons suivantes: abondance du feldspath, absence de grandes plages de pyroxène; le pyroxène vermiculé possède une teinte

verdâtre qui ne rappelle en rien celle de l'omphazite vert d'eau de certains écolgites.

Il est bon de remarquer que quelques pyroxénites et amphibolites de Corrèze et du Puy Ferrières en particulier, contiennent un peu de zoïsité et de clinozoïsité, alors que je n'en ai pas observé dans les écolgites des mêmes gisements.

Le Puy Ferrières et les environs de Seilhac constituent le plus important gisement de ces amphibolites pyroxéniques grenatifères, mais on les trouve aussi à Vernijoux (St Pardoux) et à la Graulière et dans les environs immédiats de la Graulière, au moulin de Blanche-
fort (Bigearg).

Amphibolite grenatifère à pyroxène rhombique.

Il me reste à décrire une amphibolite qui se trouve à la Geneste, entre la Graulière et le Puy Ferrières, elle est caractérisée par l'association de grands cristaux allongés d'un pyroxène monoclinique, d'hypersthène, de grenat et d'un peu de péridot, englobés dans de grandes plages d'une amphibole vert pâle. Le grenat est enchassé par une zone étroite de kélyphite formée de *spinelle* vert et d'amphibole; il faut joindre à ces éléments du clinocllore.

Il eut été fort intéressant d'analyser cette roche dont je n'ai malheureusement que des plaques minces trouvées parmi celles que m'a communiquées M. Mouret. Je me propose de visiter ultérieurement ce gisement et d'en faire une étude approfondie, mais dès à présent, il est permis de supposer qu'il s'agit là d'une ariégite en voie de transformation en amphibolite et ceci a un certain intérêt en permettant de se demander si les roches décrites comme écolgites dans quelques gisements étrangers et dans lesquelles ont été signalées la bronzite et l'olivine (1) sont bien réellement des écolgites et si

(1) Voir p. 107.

elles ne seraient pas plutôt des *ariégites* plus ou moins transformées.

II. — TYPES FELDSPATHIQUES

Amphibolites pyroxéniques feldspathiques.

Très voisines des amphibolites pyroxéniques grenatifères se trouvent des amphibolites pyroxéniques très feldspathiques et dépourvues de grenat. Il est possible de les diviser en deux groupes.

Le premier est composé de roches à grandes plages d'amphibole et d'îlots de pyroxène à contour dentelé. De même que dans les roches précédentes, le sphène entoure des plages d'ilménite. Dans le deuxième groupe, le pyroxène est granoblastique; toutefois ses dimensions n'atteignent jamais celle de l'amphibole. Parfois, les deux métasilicates, pyroxène et amphibole, sont disposés par lits parallèles distincts.

Dans ces amphibolites, le pyroxène varie seulement dans ses dimensions: il possède toujours une teinte verdâtre. L'amphibole présente plus de variations, aussi bien dans la grandeur de ses éléments qui dépassent de beaucoup les autres minéraux (sauf le feldspath), que dans les couleurs de polychroïsme qui vont du brun verdâtre foncé au bleu vert pour n_g et du brun au jaune clair très pâle presque incolore pour n_p . Dans quelques échantillons, l'amphibole est mouchetée d'auréoles polychroïques dont le maximum d'intensité a lieu suivant n_g . Il n'est pas rare d'observer dans ces roches de petites veinules de quartz ou de zoïzite. Les feldspaths sont souvent damouritisés. Lorsqu'ils sont très abondants, la roche passe au gneiss à pyroxène ou à amphibole.

Ces roches se rencontrent à Chez-le-Turc (St-Martin), Pont de Chauffaille, Albressac, Les Horts (Chamboulive), Marsac (St-Yrieix).

Amphibolites grenatifères feldspatiques.

Les amphibolites grenatifères possèdent des caractères très constants dans toute la Corrèze. L'amphibole est toujours d'un vert jaunâtre, le grenat est incolore en lame mince. Les minéraux accessoires sont : le quartz, l'ilménite et le sphène, parfois un peu de rutile. La structure offre quelques particularités intéressantes, on trouve parfois (Lauburge, Paysac) de grandes lames d'amphibole serrées les unes contre les autres avec des grenats enchassés dans ces grands cristaux. Des inclusions de chlorite se développent à l'intérieur des grenats ; il faut y joindre du sphène et quelques plages de calcite.

Au pic Faugéras (près de Condat), La Cérestine (Orgnac), Peyrat (Eyburie), aux Loges, près Nontron, se trouve une autre variété d'amphibolite. L'amphibole, d'un vert jaunâtre, constitue presque toutes les préparations. Cependant, en certains points, se voient des nids de cristaux de feldspaths, avec fréquemment un grenat au centre. Exceptionnellement, de petites baguettes d'amphibole traversent le bord de ces îlots de feldspath. D'autres fois, le grenat est simplement isolé de l'amphibole par une couronne de petits grains de feldspaths. Des plages d'ilménite sont entourées de leucosphène. Cette amphibole est totalement déchiquetée.

Enfin, il existe des variétés rubanées, dans lesquelles on observe des lits de petits cristaux allongés d'amphibole et des lits de plagioclases ; des grains de grenats sont disséminés dans toute l'étendue de la roche.

Amphibolites feldspathiques.

Les amphibolites feldspathiques de la Corrèze ne renfermant ni pyroxène ni grenat sont remarquables par la constance de leur caractère et de leur composition

minéralogique. Elles sont formées presque uniquement d'amphibole et de plagioclases basiques plus ou moins abondants. L'amphibole est très variée de couleur et de polychroïsme : vert foncé, vert jaunâtre, vert pâle, vert bleuâtre, brun clair, cette dernière offre parfois la particularité de devenir bleuâtre sur les bords.

A ces éléments, il faut joindre le sphène en grains, très fréquemment accompagnés de petits grains d'épidote. Quelques roches sont quartzieuses, d'autres renferment de petites veinules de prehnite.

La structure est granoblastique, avec parfois tendance au rubanement et grain plus fin. Les types à grands éléments se rencontrent à : Puy Aumont (Saint-Ybart), Bordebru (Aubazine), Eyrard (Sadrot), Les Bèges (Saint-Fortunat), Lavaud, Marcoignac et Septfonds-la-Forie (Saint-Yrieix), Pouzol (Limoges), Bachelierie (Tulle), Sarlande, Roumégou, le Peuch (Lonzac), La Magnas (Jumillac), Soirat S. W. (Coussac), Les Horts et Courbeix (Chamboulive), Rouillac (Saint-Par-doux), Chaud Basse (Peyzac), Font Benac Puy Coutant (Payzac), Carrière Chapel (Beynac), La Flotte (Beysse-nac), le Maubert (Meilhac), Espartignac.

Le second type, moins fréquent, a été recueilli à Payzac, Moulin de la Darrige (Pierrefitte), Chamboulive, Puy vert (Benayes), Forge de Pinaud (Angoisse), Las-cépèdes (Saint-Paul de Vern).

Enfin, à la suite de ces amphibolites, il me faut parler des roches ayant la même composition minéralogique, amphiboles et feldspaths, mais dont la structure est toute différente. Ce ne sont pas encore des schistes cristallins, mais seulement des gabbros ouralitisés dont la structure est encore partiellement reconnaissable.

Il serait intéressant d'en faire une étude plus complète, minéralogique et chimique, et de les comparer avec les véritables amphibolites ; il est probable qu'elles dérivent les unes des autres, mais ceci nous entraînerait trop loin. Je me bornerai donc à les signaler.

Elles renferment en outre du rutile à Coussetie (Sainte-Féréole), du sphène au Chazal (Saint-Clément), des grains d'épidote à Champrigne (Nantheuil), de l'ilménite ou de la magnétite à Touvent (Payzac), Chaleix N. (Condat), Laborda (Saint-Cyr), Orgnac (La Chapoulie).

III. — COMPOSITION CHIMIQUE DES AMPHIBOLITES

Si l'étude minéralogique des éclogites en voie de kélyphitisation permet d'émettre l'hypothèse d'une série continue formant le passage aux amphibolites, il restait à voir si cette transformation n'était pas accompagnée de modifications chimiques, pour cela j'ai choisi quelques amphibolites diablastiques et amphibolites géologiquement associées aux éclogites que j'ai analysées.

Voici une courte description minéralogique des types analysés :

1° *Amphibolite diablastique* (Puy Ferrières, Planche II, figure 1). — Au microscope on constate une association diablastique d'amphibole et de feldspath ; l'amphibole a une tendance marquée à recristalliser en plus grandes plages, il reste quelques grenats entourés de belles auréoles kélyphitiques.

2° *Amphibolite grenatifère*. — C'est l'amphibolite typique des environs d'Uzerche, le grenat est entouré d'une kélyphite réduite. Il faut joindre à ces éléments une faible quantité de zoïsite et de clinozoïsite, de pyroxène et des grains de sphène.

3° *Gneiss grenatifère* — des Magnès — renferme aussi de l'amphibole et du pyroxène, du plagioclase et du quartz.

4° *Amphibolite feldspathique et pyroxénique* (Puy Ferrières), un peu de zoïsite, quelques grains de sphène.

	1	2	3	4
SiO ²	47,00	47,30	47,38	47,18
Al ² O ³	17,61	16,36	12,60	15,42
Fe ² O ³	2,25	3,88	3,80	2,58
FeO	6,78	7,38	8,32	7,07
MgO	8,78	7,38	7,95	8,29
CaO	14,90	13,60	15,56	15,58
Na ² O	1,14	1,47	1,48	2,02
K ² O	0,21	0,64	0,37	0,50
TiO ²	1,00	1,60	1,62	1,02
P ² O ⁵	0,40	0,20	0,12	0,03
MnO	—	Traces	—	—
H ² O +	—	—	0,02	—
H ² O —	0,40	0,30	0,48	0,32
	100,47	100,11	99,47	100,01
	PS=3,04	PS=3,085		

Les analyses 1 et 2 ont été faites par moi, 3 et 4 par M. Raoult. Les paramètres calculés sont :

1. III. 5. (4) 5. (4) 5.
2. III. 5. 4'' 4.
3. III. 5. 4 (5). 4.
4. III. 5'. 4. 4 (5).

Comme ceux des éclogites ils sont à rapporter un magma gabbroïque.

Amphibolites à zoïsité.

La richesse en zoïsité de certaines des éclogites décrites plus haut m'a conduit à comparer leur composition chimique à celle d'une variété d'amphibolite extrêmement riche en zoïsité signalée autrefois par M. A. Lacroix, à Chantepie (W. de Liré Maine-et-Loire).

Amphibolite à zoïsité, Chantepie. — C'est une roche qui, à l'œil nu, est composée de hornblende et d'éléments blanc laiteux. Ces minéraux, dans certains échantillons, constituent des lits minces, distincts, parallèles. Dans d'autres, au contraire, des îlots blancs et verts sont disposés d'une façon irrégulière. L'examen microscopique fait voir que l'amphibole est une horn-

blende d'un vert pâle couchée suivant le plan de schistosité. L'amphibole est parfois mélangée à quelques lames de clinocllore et à des grains de sphène. Tous ces minéraux, fortement réfringents, sont englobés par un minéral incolore, non maclé, qu'on pourrait prendre pour du quartz, mais l'examen optique de lumière convergente montre qu'il est biaxe, optiquement positif, ses axes sont peu écartés. Ce minéral est de l'albite. Cette association d'albite et de zoïsite doit être mise en parallèle avec des associations semblables qu'on rencontre dans les gabbros saussuritisés des Alpes et de Corse.

La composition chimique de l'éclogite de Piedpain, très riche en zoïsite, et celle de cette amphibolite sont très sensiblement les mêmes, la teneur en alcalis est seulement un peu plus élevée dans cette dernière.

	1	2
	Brière	Brière
SiO ²	47,60	48,60
Al ² O ³	20,11	21,13
Fe ² O ³	2,66	2,64
FeO	5,15	3,78
MgO	6,80	6,00
CaO	13,70	13,20
Na ² O	1,97	2,58
K ² O	0,60	0,34
TiO ²	1,03	0,86
P ² O ⁵	0,46	0,05
H ² O +	0,15	0,40
MnO—	—	0,27
	100,23	99,85

1. Eclogite de Piedpain, II (III), 5, 4, 4'.

2. Amphibolite de Chantepie, II, 5, 4'', b.

Amphibolite à zoïsite (La Gerbaudière), (Planche IV, figure 2). — Cette roche est très riche en amphibole; celle-ci est déchiquetée, les vides sont remplis par du quartz, la zoïsite joue un rôle moins important que dans la roche précédente, elle appartient à la variété α et elle est entourée d'une zone fibreuse de kélyphitoïde, il se trouve aussi un peu de sphène, de rutile et d'apatite.

SiO ²	46,50
Al ² O ³	16,27
Fe ² O ³	3,18
FeO	8,33
MgO	9,82
CaO	11,10
Na ² O	1,38
K ² O	0,37
TiO ²	1,08
P ² O ⁵	0,21
MnO	0,25
H ² O }	0,70
H ² O }	
	99,39

Densité, 3,08. Analyse (Brière).

Paramètres, III, 5, 4', 4''.

Les paramètres de ces amphibolites à zoïsite, qu'elles proviennent de Chantepie ou de la Gerbaudière, sont donc encore ceux de roches éruptives.

Pyroxénites à scapolite.

Type sans feldspath. — Il me faut aussi signaler une catégorie de pyroxénites provenant du Puy Ferrières, qui présente la particularité d'être riche en scapolite. La roche est d'un vert pâle au milieu desquels se distinguent de petits phénoblastes de grenat rosé.

Au microscope, on constate que les éléments colorés sont constitués par du pyroxène verdâtre et de l'amphibole d'un vert plus foncé et de forme plus allongée. Ces deux minéraux sont généralement distribués en lits distincts parallèles ; ils sont granoblastiques, mais par places l'amphibole se concentre dans des taches circulaires dans lesquelles elle constitue de petits grains plus ou moins diablastiques ; il faut citer aussi de l'ilménite et du sphène. Tous ces minéraux sont englobés poecilolithiquement par de très grandes plages de scapolite couvrant parfois beaucoup plus que l'étendue d'une préparation ; elles enveloppent aussi bien des séries de

grains à structure granoblastique que les taches globuleuses dont il est question plus haut. En outre, il se trouve aussi quelques plages de calcite qui joue le même rôle structural que le pyroxène. Cette roche est si fraîche qu'on ne saurait considérer cette calcite comme secondaire. Sa composition chimique est la suivante :

SiO ²	45,84
Al ² O ³	14,62
Fe ² O ³	3,61
FeO	7,00
MgO	6,15
CaO	17,88
Na ² O	2,46
K ² O	0,22
TiO ²	1,08
P ² O ⁵	0,11
CO ²	0,83
Cl.	0,19
H ² O —	—
H ² O +	0,39
	100,38

Les paramètres calculés suivant la méthode des roches éruptives sont ceux-ci : III, 5 (6), 4, 5.

Or	.	.	.	.	.	1,11	}	38,12	}	44,54
Ab	.	.	.	.	.	8,38				
An	.	.	.	.	.	28,63				
Ne	.	.	.	.	.	6,25	}	6,42		
NaCl	.	.	.	.	.	0,17				
CaSiO ³	.	.	.	.	.	22,62	}	45,37		
MgSiO ³	.	.	.	.	.	13,90				
FeSiO ³	.	.	.	.	.	7,26				
Mg ² SiO ⁴	.	.	.	.	.	0,98	}			
Fe ² SiO ⁴	.	.	.	.	.	0,61				
ilm	.	.	.	.	.	1,98	}	9,46		
magn	.	.	.	.	.	5,34				
ap	.	.	.	.	.	0,34				
CaCO ³	.	.	.	.	.	1,80	}			
										99,37

Il est aisé de s'apercevoir que l'analyse et le calcul donnent des résultats très voisins de ceux qu'on obtient avec des éclogites.

Types feldspathiques. — Au Puy Juge (Vigeois), il existe une roche comparable à celle qui vient d'être décrite, mais elle est plus granoblastique, plus riche en sphène, moins amphibolique, plus pyroxénique. La structure est aussi à plus gros grain ; en outre de la scapolite il faut signaler des plagioclases très basiques, et de la clinozôisite dont la distribution est irrégulière.

Enfin, à Vennanat, se rencontre une pyroxénite feldspathique dépourvue d'amphibole dans laquelle la scapolite est peu abondante, alors qu'au contraire le feldspath triclinique, voisin de l'anorthite (macle de l'albite et de la péricline) est très abondant. Il existe un renversement dans les relations mutuelles de l'anorthite et de la scapolite. Ici c'est l'anorthite qui est pœcilitique, alors que la scapolite est granoblastique, il faut noter que dans les deux cas c'est le minéral blanc le plus abondant qui moule les autres.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Dans ce travail, je me suis proposée d'étudier le plus complètement possible, aux points de vue minéralogique, chimique et géologique, les éclogites des gisements français et de comparer les résultats ainsi obtenus avec ceux donnés par les travaux antérieurs effectués sur des roches de gisements étrangers. Je me suis proposée en outre de chercher à tirer une conclusion sur l'origine de ces roches qui constituent l'un des types les plus intéressants parmi les schistes cristallins.

I. J'ai fait un exposé détaillé de tous les gisements français dans lesquels existent des éclogites : gisements antérieurement connus et décrits au point de vue minéralogique seulement (Loire-Inférieure), gisements seulement cités (Vendée, Corrèze, Aveyron, etc.), enfin gisements complètement nouveaux (Ile de Groix, Corse); j'ai joint à cette étude celle de roches provenant de quelques gisements coloniaux (Nouvelle-Calédonie, Madagascar) non décrits encore.

II. Les éclogites ne forment pas de grands massifs; elles constituent des intercalations de lits, généralement peu épais, souvent répétés, au milieu des schistes cristallins, et cela a de l'importance au point de vue théorique, le niveau qu'elles occupent au milieu de ceux-ci est varié. Elles se trouvent dans des gneiss, dans des micaschistes et des phyllades, c'est-à-dire dans des roches de cristallinité différente.

III. Au point de vue minéralogique, j'ai réservé le nom d'éclogite aux roches répondant strictement à la définition d'Haüy : association d'un grenat et d'un py-

roxène spécial, avec en outre, comme éléments accessoires, du rutile et quelques minéraux pouvant jouer un rôle assez important : disthène, zoïsite, clinozoïsite, amphibole et mica.

J'ai fait en particulier l'étude chimique du pyroxène et du grenat et montré que le pyroxène désigné sous le nom d'omphazite doit être considéré comme un type spécial, alumineux et sodique ; il peut être regardé comme une *augite jadéitique*. Quant au grenat, il est essentiellement constitué d'almandin prédominant, avec des proportions variables de pyrope et de grossulaire et exceptionnellement de spessartine. Dans plusieurs des éclogites étudiées, il existe des amphiboles primordiales variables comme composition, ce sont : la hornblende commune (il faut y rapporter la carinthine décrite dans les éclogites de la Sau Alpe et qui ne doit pas être considérée comme une amphibole spéciale), la pargasite, quelques types de glaucophane. Il a été impossible d'arriver à isoler complètement le mineral micacé blanc, remarquable par ses macles polysynthétiques, contenu dans certaines éclogites de la Loire-Inférieure, il semble permis toutefois de le rapporter à une variété calcique de paragonite.

La structure normale des éclogites est granoblastique.

IV. La composition et la structure qui viennent d'être décrites sont celles qui caractérisent normalement les éclogites : en réalité elles sont rarement intégralement réalisées. Presque toujours le grenat et l'omphazite, et parfois aussi d'autres éléments de la roche, subissent des transformations périphériques caractérisées par des associations diablastiques de pyroxène et surtout d'amphibole constituant une trame dentelliforme dont les jours sont formés par des minéraux incolores, quartz ou feldspath. La kélyphite entourant le grenat est le type de ces associations. J'ai proposé le nom de kélyphitoïde pour celle réalisée autour du pyroxène sans intervention de tout autre minéral. J'ai suivi pas à pas

pas à pas les divers stades de ces transformations produisant les élogites kélyphitisées et conduisant comme terme extrême à des amphibolites.

V. L'étude chimique de tous les types étudiés minéralogiquement a été entreprise ; le calcul des analyses par la méthode utilisée actuellement pour la discussion des roches éruptives a montré que ces élogites ont la composition chimique de roches éruptives. Elles se répartissent en 2 types ayant : l'un la composition de diorites, l'autre, celle de gabbros. La discussion de toutes les analyses antérieurement publiées, que j'ai trouvées dans la littérature scientifique, conduit aux mêmes résultats.

VI. Les analyses des élogites kélyphitisées et des amphibolites grenatifères provenant de mêmes régions montrent que les transformations minéralogiques dont il vient d'être question n'ont pas été accompagnées de changement de composition chimique notable, c'est donc là une transformation paramorphique, un simple réarrangement moléculaire.

VII. J'ai commencé l'étude d'amphibolites et de pyroxénites feldspathiques provenant des mêmes gisements que les élogites et je les ai décrites sommairement au point de vue minéralogique. Les quelques analyses chimiques effectuées conduisent à les considérer, elles aussi, comme des roches éruptives transformées.

VIII. En m'appuyant sur les idées au sujet des schistes cristallins, j'ai présenté quelques conclusions concernant le mécanisme probable de la formation des élogites aux dépens des roches éruptives et de leurs transformations ultérieures.

EXPLICATION DES PLANCHES

Pl. I, fig. 1. — Eclogite. Omphazite et grenat. Type Campbon.

Nicols à 45°.

— fig. 2. — Eclogite. Type Fay.

Diamètre 30. Nicols à 90°.

Pl. II, fig. 1. — Kélyphite (couronne amphibolique autour du grenat) dans une éclogite du Puy Ferrières.

Diamètre 30. Nicols à 45°.

— fig. 2. — Eclogite de Boissinet. Kélyphite ayant transformé totalement le grenat. Les éléments de la transformation restent localisés sur l'emplacement du minéral disparu. La kélyphite est très distincte des kélyphitoïdes voisines.

Diamètre 30. Nicols à 90°.

Pl. III, fig. 1. — Eclogite de Saint-Philbert de Grandlieu. Amphibolisation du grenat.

Diamètre 30. Nicols à 45°.

— fig. 2. — Eclogite de Puy Ferrières. Kélyphitoïde du pyroxène à droite, du disthène à gauche.

Diamètre 30. Nicols à 90°.

Pl. IV, fig. 1. — Pyroxène et amphibole diablastiques résultant de la transformation d'une éclogite du lac Cornu.

Diamètre 30. Nicols à 90°.

— fig. 2. — Amphibolite à structure diablastique. La Gerbaudière.

Diamètre 30. Nicols à 90°.

Fig. 1

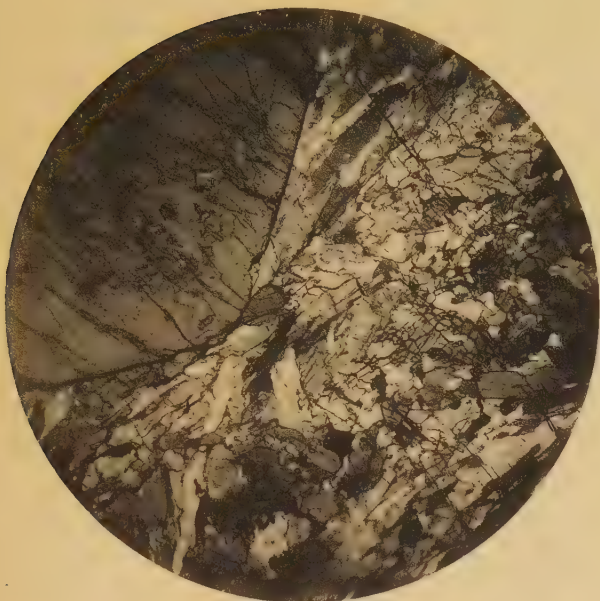


Fig. 2

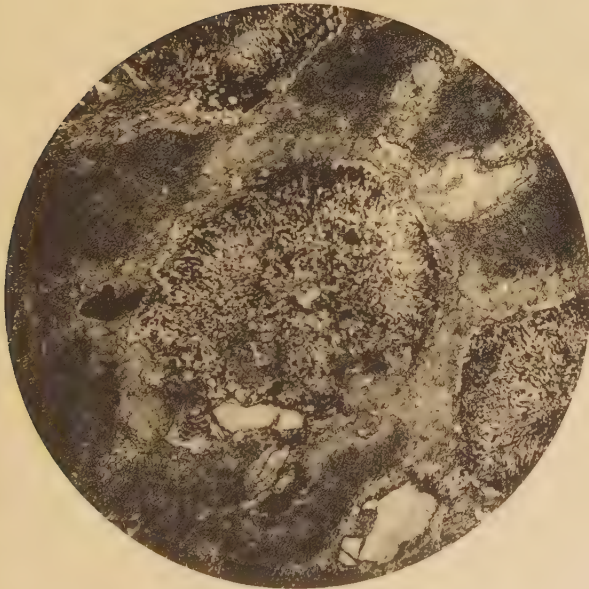


ECLOGITES

Fig. 1



Fig. 2



ECLOGITES AVEC FORMATIONS KÉLYPHITIQUES

Fig. 1

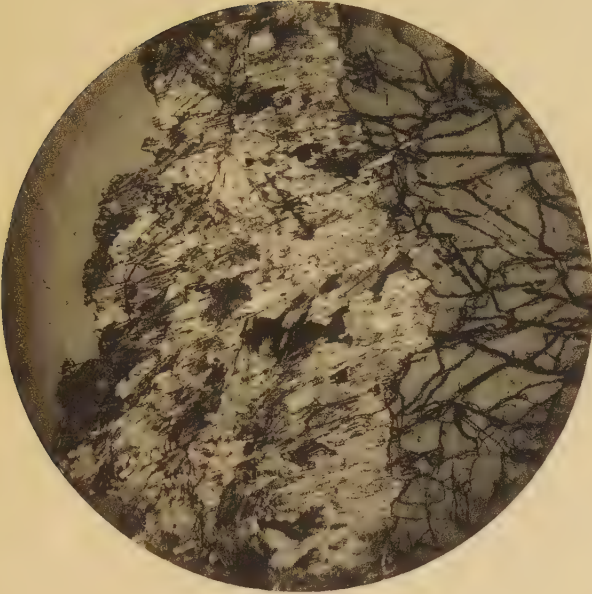
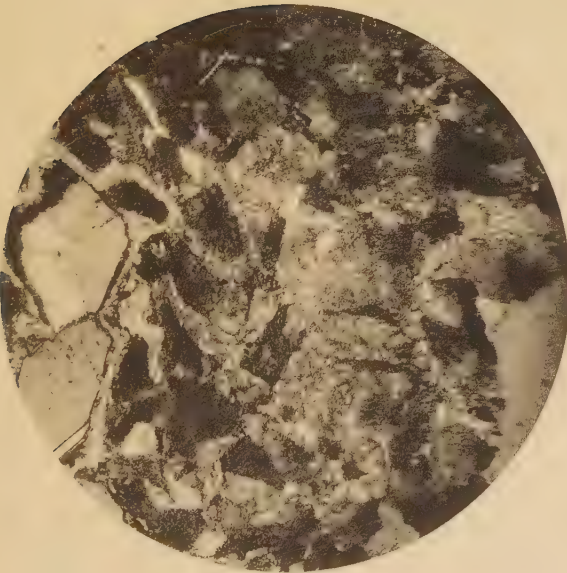


Fig. 2



ECLOGITES EN VOIE DE TRANSFORMATION

Fig. 1

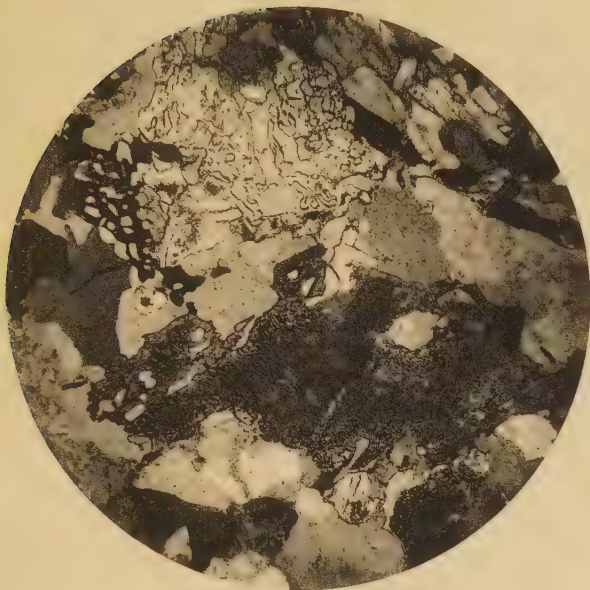
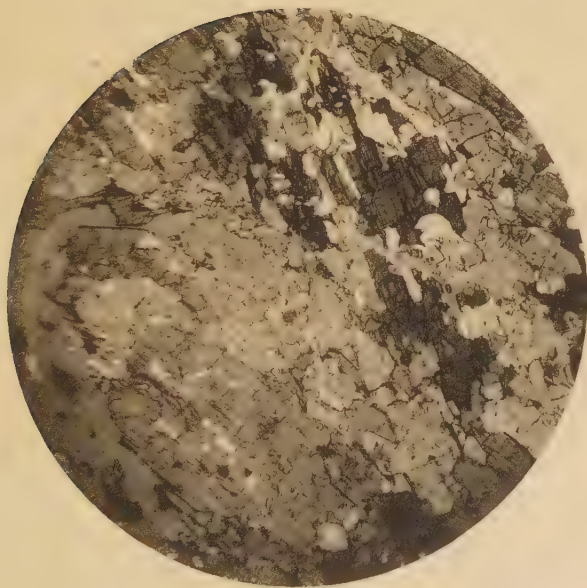


Fig. 2



AMPHIBOLITES DIABLASTIQUES

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	Pages 5
------------------------	------------

PREMIÈRE PARTIE

LES ECLOGITES

I. <i>Distribution géographique et géologique</i>	11
Distribution géographique	11
Loire-Inférieure et Vendée	11
Corrèze	13
Aveyron	14
Puy-de-Dôme	14
Alpes	14
Conditions de gisements	15
Modalités des gisements	16
Aspect des affleurements	17
II. <i>Etude minéralogique</i>	18
1. Caractères extérieures	18
2. Etude microscopique	20
3. Les minéraux	22
III. <i>Structure</i>	44
Structure primordiale	44
Structures paramorphiques	47
Relations des associations minéralogiques à structure diablastique avec les minéraux primordiaux	49
IV. <i>Monographie des roches des gisements français</i>	56
a) Eclogite proprement dit	56
1° Bretagne et Vendée	56
Au nord de la Loire	56
Au sud de la Loire	65
Résumé sur les éclogites de Bretagne et de Vendée	75
2° Corrèze	76
3° Puy-de-Dôme	78
4° Aveyron	79
5° Alpes	81
Madagascar	82

	Pages
b) Roches glaucophaniques apparentées aux élogites .	83
Groix	83
Corse	87
Nouvelle-Calédonie	88
V. <i>Composition chimique.</i>	89
VI. <i>Comparaison avec les élogites de gisements étrangers.</i> . . .	100
Comparaison des produits des transformations kély- phitiques des minéraux des élogites	107
Comparaison des compositions chimiques	111
VII. <i>Classification.</i>	113
Comparaison des élogites et des ariégites	115
VIII. <i>Origine des élogites</i>	117

DEUXIÈME PARTIE

QUELQUES OBSERVATIONS SUR LES PYROXÉNITES ET LES AMPHIBOLITES ACCOMPAGNANT LES ÉCLOGITES

TYPES NORMAUX

I. <i>Types sans feldspath</i>	124
<i>Pyroxénites et amphibolites pyroxéniques grenatifères</i> .	124
<i>Amphibolite grenatifère à pyroxène rhombique</i>	126
II. <i>Types feldspathique.</i>	127
<i>Amphibolites pyroxéniques feldspathiques</i>	127
<i>Amphibolites grenatifères feldspathiques</i>	128
<i>Amphibolites feldspathiques</i>	128
III. <i>Composition chimique des amphibolites</i>	130

TYPES EXCEPTIONNELS

<i>Amphibolites à zoïsité.</i>	131
<i>Pyroxénites à scapolite</i>	133
<i>Type sans feldspath</i>	133
<i>Types feldspathiques.</i>	135

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.	137
---------------------------------------	-----

EXPLICATIONS DES PLANCHES . . .	140
--	-----

DEUXIÈME THÈSE



PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

BOTANIQUE. — Les Dermatophytes.

ZOOLOGIE. — Les Glandes à sécrétion interne — Hormones.

Vu et approuvé :

Paris, le 21 Juillet 1920

LE DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES

F. HOUSSAY.

Vu et permis d'imprimer :

Paris, le 22 Juillet 1920

LE RECTEUR DE L'ACADÉMIE DE PARIS

APPELL.

SAINT-AMAND (CHER). — IMPRIMERIE BUSSIÈRE.
